

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

Konstrukce podavače krátkých trubek

Construction Feeding Machine Short Piping

Student:

Miroslav Buček

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Burkovič, Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robototechniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Miroslav Buček**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Specializace: 70 Robotika
Téma: **Konstrukce podáváče krátkých trubek**
Construction Feeding Machine Short Piping

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte možnosti řešení podáváče krátkých trubek do průměru 20 mm a do délky 500mm.
2. Navrhněte alternativní řešení podáváče..
3. Vyberte optimální dispoziční uspořádání a zpracujte konstrukční řešení podáváče.
4. Proveďte zhodnocení dosažených výsledků
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího)!

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online] Dostupné z [www:](http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace/)
<<http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace/>>
[2] KONEČNÝ, Z. *Základy technické dokumentace*. [online] Dostupné z [www:](http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka_dokumentace/titulni_strana.htm)
<http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka_dokumentace/titulni_strana.htm>
[3] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory* [online] Dostupné z [www:](http://robot2.vsb.cz/elekskripta/pram/index.html)
<<http://robot2.vsb.cz/elekskripta/pram/index.html>>
[4] BURKOVÍČ, J. *Navrhování RTP*. [online] Dostupné z [www:](http://robot.vsb.cz/files/resources/navrhovani-rtp.pdf)
<<http://robot.vsb.cz/files/resources/navrhovani-rtp.pdf>>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Burkovič, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011


prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Miroslav Buček

Adresa trvalého pobytu autora práce: Závodní 37/925, Ostrava-Hrabůvka, 700 30

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Buček, M. *Konstrukce podavače krátkých trubek: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Robototechniky, 2011, 59 s. Vedoucí práce: Ing. Burkovič Jan, Ph.D.

Bakalářská práce je zaměřena na konstrukci podavače krátkých trubek z hliníkové slitiny. V úvodu této práce je vypracována rešerše rozdělení periferních zařízení. Jsou zde popsány jednotlivé typy podavačů. Podle požadavkového listu byly vypracovány tři varianty řešení. Pomocí hodnotové analýzy byla vybrána optimální varianta řešení. Pro tuto variantu jsou navrženy komponenty. Konstrukční návrh podavače trubek byl rozpracován formou 3D modelu v programu Pro/Engineer. Výkresová dokumentace bakalářské práce obsahuje sestavný výkres podavače trubek.

Buček, M *Construction Feeding Machine Short Piping: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2011, 59 p. Thesis head: Ing. Burkovič Jan, Ph.D.

This bachelor's work is focused on Construction Feeding Machine Short Piping made of aluminium alloy. In the introduction of this work, there is a research in diference. The focus of this bachelor is the construction of feeding machine short pipes made from aluminium alloy. The foundations of this thesis will begin to elaborate on apportionment of peripheral equipment and describe the different types of feeding machines. Accordingly a wish list sheet was prepared with three alternatives. Using value analysis the optimal solution was chosen and for this variant the components were designed. The engineering design of the feeder pipe was developed as a 3D model in program Pro / Engineer. The drawing documentation of the bachelor's work contains the plan of the constructed feeder.

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Burkovičovi, Ph.D. za čas strávený konzultacemi, podnětné připomínky a odbornou pomoc při zpracování bakalářské práce.

Obsah

0 Úvod.....	11
1 Analýza.....	12
1.1 Periferní zařízení.....	12
1.2 Rozdělení dopravního zařízení a manipulačních prostředků.....	13
1.2.1 Dopravní prostředky pro vnější dopravu:.....	13
1.2.2 Dopravní zařízení a manipulační prostředky pro vnitřní dopravu a manipulaci:.....	13
1.2.3 Pomocná zařízení:	13
1.3 Dopravní zařízení pro dopravu a manipulaci ve výrobních systémech.....	13
1.4 Dopravní skluz.....	14
1.5 Podávací mechanismy.....	16
1.5.1 Podávací mechanismus s přímočarým vratným pohybem	16
1.5.2 Podávací mechanismus s otáčivým pohybem	16
1.5.3 Podavače s kamerovým systémem.....	17
1.5.4 Vibrační podávač.....	18
2 Návrh variant jednotlivých řešení podavače krátkých trubek.....	19
2.1 Požadavkový list	19
2.2 Objekt manipulace	19
2.3 Varianta A	20
2.3.1 Popis.....	20
2.4 Varianta B	21
2.4.1 Popis.....	22
2.5 Varianta C	23
2.5.1 Popis.....	24
3 Výběr optimální varianty	25
3.1 Hodnoty kritérií.....	25
3.2 Významnost kritérií.....	25
3.3 Zhodnocení jednotlivých kritérií.....	26

3.4	<i>Určení významnosti metodou trojúhelníkového páru.....</i>	26
3.5	<i>Určení váhy významnosti.....</i>	27
3.6	<i>Hodnocení jednotlivých variant.....</i>	28
3.7	<i>Vyhodnocení a určení ideální varianty.....</i>	29
4	Konstrukční řešení podavače krátkých trubek.....	30
4.1	<i>Rám podavače.....</i>	31
4.2	<i>Lineární vedení.....</i>	33
4.2.1	Výpočet lineárního vedení	34
4.2.2	Montáž lineárního vedení.....	37
4.3	<i>Kuličkový šroub.....</i>	38
4.3.1	Jednoduchá matice přírubová.....	38
4.3.2	Patkové uložení SFA.....	39
4.3.3	Patkové uložení SLA.....	39
4.3.4	Kontrolní výpočet kuličkového šroubu	40
4.3.5	Konstrukční řešení připevnění kuličkového vedení	42
4.4	<i>Pneumatický motor</i>	43
4.4.1	Výpočet pneumatického motoru od firmy Bosch Rexroth.....	43
4.4.2	Dimenzování pneumatického motoru	44
4.4.3	Výstupní data výpočtu pneumatického motoru.....	44
4.4.4	Pneumatický motor GPC 25-20	45
4.4.5	Připevnění pneumatického motoru.....	45
4.4.6	Obvodové schéma	46
4.4.7	Výpočet spotřeby stlačeného vzduchu	47
4.4.8	Pokyny pro správné a bezpečné použití pneumatického motoru	47
4.5	<i>Pohyblivý a pevný hřeben</i>	48
4.5.1	Pohyb trubky	48
4.6	<i>Stavitelná stěna.....</i>	50
4.6.1	Výpočet vůle mezi stěnami podavače	51

4.7 Energetický řetěz.....	52
4.7.1 Energetický řetěz série E2 micro	52
4.8 Odrazový senzor	53
4.9 Odměřovací zařízení.....	54
4.10 Technicko-ekonomické zhodnocení	54
5 Závěr.....	56
6 Reference.....	57
6.1 Literatura.....	57
6.2 Internetové odkazy	57
6.3 Katalogy.....	58
7 Seznam příloh	59
7.1 Tištěná podoba	59
7.2 Přiložený disk	59

Seznam použitých symbolů a značek

<i>Značka</i>	<i>Význam</i>	<i>Jednotka</i>
C_{dyn}	Dynamická únosnost	[N]
C_o	Statická únosnost	[N]
D	Průměr pístu	[mm]
d_k	Průměr kuličkového šroubu	[mm]
dt	Průměr trubky	[mm]
f	Povrchový odpor vedení bez zátěže	[N]
F_a	Síla v axiálním směru	[N]
F_{amax}	Maximální axiální síla působící na matici	[N]
f_H	Faktor tvrdosti	[-]
F_k	Maximální teoretická dovolená axiální síla	[N]
F_{kmax}	Maximální dovolená provozní axiální síla	[N]
F_r	Síla v radiálním směru	[N]
f_T	Faktor teploty	[-]
f_t	Valivé tření	[-]
f_W	Faktor zatížení	[-]
g	Tíhové zrychlení	[m/s ²]
H	Zdvih pneumatického motoru	[mm]
k_k	Koeficient závislosti na uložení	[-]
L	Nominální životnost	[m]
L_h	Hodinová životnost	[h]
l_k	Nepodepřená délka hřídele	[mm]
l_t	Délka trubky	[mm]
m	Počet pneumatických motorů	[ks]
M	Hnací krouticí moment	[N·m]
m_s	Hmotnost objektu manipulace a stolu	[kg]
n	Počet zdvihů	[-]
P	Stoupání závitu	[-]
P_e	Statický ekvivalent zatížení	[N]
p_z	Počet značků	[-]
Q	Spotřeba vzduchu	[Nm ³]
q	Váha významnosti	[-]
t_1	Doba zrychlení	[s]
v_{max}	Maximální rychlost posuvu	[m/s ¹]
v_z	Součet počtů voleb jednotlivými značkami	[-]
α	Maximální zrychlení	[m/s ²]
η	Účinnost šroubu	[-]
μ	Koeficient tření kuličkového vedení	[-]

0 Úvod

Historický vývoj člověka, lidské civilizace zaznamenává snahu člověka zbavit se monotónní namáhavé práce a fyzické práce vůbec.

Ve všech výrobních systémech se uplatňuje manipulační doprava a skladování. Manipulace s materiálem, přísun materiálů, polotovarů, nástrojů a pomocných hmot. Jejich manipulace a přesun z místa na místo zaměstnává velké množství pracovníků, kteří nevytvářejí na výrobku žádné hodnoty. Tyto pracovníky můžeme někdy nahradit periferním zařízením – dopravníkem, překlompíkem, podavačem ...

Cílem bakalářské práce je návrh konstrukce podavače krátkých trubek. Podavač trubek bude navržen pro manipulaci s trubkami z hliníkové slitiny o zadaných rozměrech. První část bakalářské práce je zaměřena na analýzu jednotlivých druhů periferních zařízení, následně jsou navrženy jednotlivé varianty řešení a výběr optimální varianty. Druhá část bude zaměřena na konstrukční řešení optimální varianty podavače krátkých trubek. Celá práce bude zpracována podle požadavku zadání, doložením patřičných výkresů a 3D modelem zpracovaným v programu Pro/Engineer.

1 Analýza

1.1 Periferní zařízení

Kromě mechanizovaných a automatizovaných výrobních strojů a manipulačního zařízení (robotů) jsou pro úplnou automatizaci potřebné ještě další vybavení pracovišť, které zajišťují orientaci manipulovaných předmětů, polohování, otáčení, mezioperační dopravníky, skluzy apod. Ve své podstatě to jsou většinou manipulační systémy, které je možno v některých případech zařadit jako manipulátory, ve srovnání s manipulátory však plní i jiné funkce, a proto zůstává pojmenování periferní zařízení. Jsou to pomocné prostředky např. dopravníky, otočné stoly, pomocné podávače a mnohdy je k nim možné přiřadit i zásobníky, které jsou koncipovány jako mezioperační dopravníky a jejich konstrukční řešení zjednodušuje činnost manipulátoru nebo robotu.

Pomocné periferní zařízení můžeme rozdělit podle jejich funkce podle následujícího členění:

- pro změnu polohy těžiště. Mění se pouze poloha těžiště objektu, jeho orientace zůstává nezměněna,
- pro změnu orientace objektu, poloha těžiště zůstává nezměněna,
- mění jak polohu těžiště, tak mění i polohu orientace.

Změna polohy těžiště je velmi častým případem přemísťování objektu do určité polohy. Nejčastějším případem je přemísťování po přímce. Objekty jsou nejrůznějšími mechanismy nadzvedávány nebo přemísťovány k místu odběru nebo z místa předání. Pracovní cyklus robotu nebo manipulátoru obsluhujícího výrobní zařízení se zjednodušuje na jednoduché manipulační pohyby. Zjednodušuje se řízení, kontrola polohy objektu a velmi se tím zkracuje celkový manipulační čas na pracovišti. Posun objektu po přímce je velmi často realizován jako přetržitý pohyb, např. krokovým dopravníkem, konstrukčně vyřešeným prodaný typ součástí, rozměry a hmotnosti. Pohon dopravníku může být elektromechanický, hydraulický, pneumatický nebo i kombinovaný. Posun dopravníku o jednu rozteč - krok může být odvozen od natočení maltézského mechanismu přes ozubené převody apod.

[1]

1.2 Rozdělení dopravního zařízení a manipulačních prostředků

1.2.1 Dopravní prostředky pro vnější dopravu:

- kolejové (vagóny, vozíky, jeřáby, speciální zařízení s pojezdem po kolejích)
- kolové (nákladní automobily, návěsy, přívěsy, vlečky, vozíky, vysoko zdvižné a nízko zdvižné vozíky, automatizované vozíky apod.)

1.2.2 Dopravní zařízení a manipulační prostředky pro vnitřní dopravu a manipulaci:

- vozíky kolejové a kolové,
- vysoko zdvižné a nízko zdvižné vozíky,
- automatizované a indukčně vedené vozíky,
- dopravníky,
- přesuvny a tlačky,
- manipulátory,
- roboty.

1.2.3 Pomocná zařízení:

- palety,
- zásobníky,
- zvedací stoly,
- otočné stoly,
- podávací zařízení,
- orientační zařízení,
- obraceče,
- kontrolní zřízení,
- odměřovací mechanismy,
- a další.

1.3 Dopravní zařízení pro dopravu a manipulaci ve výrobních systémech

Materiál, polotovary a výrobky jsou ve výrobním procesu dopravovány od pracoviště k pracovišti. Doprava je uskutečňována buď jednotlivě, nebo v dávkách, které jsou nejčastěji uloženy na přepravních paletách. Mohou být konstrukčně řešeny pro daný druh materiálu, polotovaru či výrobku zcela individuálním způsobem, vyplývajícím z konkrétní situace a potřeb výrobního systému. Z uvedeného důvodu je možno konstatovat, že existuje velmi mnoho typů dopravních zařízení. Většina výrobních systému má dopravu organizovanou postupně od přípravy výroby, přes jednotlivé výrobní stroje (linky), po povrchovou úpravu (nanášení barev a emailů) až po expedici výrobků.

Dopravní zařízení ve výrobních systémech můžeme rozdělit na dopravníky bez pohonu a s nuceným pohonem dopravovaného objektu:

dopravníky bez pohonu	a) skluzu b) valivé tratě (nakloněné - doprava gravitací).
dopravníky s pohonem	a) válečkové a kladičkové tratě b) pásové dopravníky c) řetězové dopravníky d) podvěsné dopravníky e) vlečné dopravníky f) vibrační dopravníky g) harpunové dopravníky

1.4 Dopravní skluz

Na mnoha aplikacích používáme pro podávání materiálu gravitační skluzu. Jejich hlavní výhodou je, že není potřeba žádné energie k pohonu. Dopravovaný polotovár (objekt přepravy) se smýká po rovné ploše skluzu k místu uložení, na němž je připraven na další přesun k další předepsané operaci. Skluzu navrhujeme a vyrábíme přímo na míru pro danou součást.

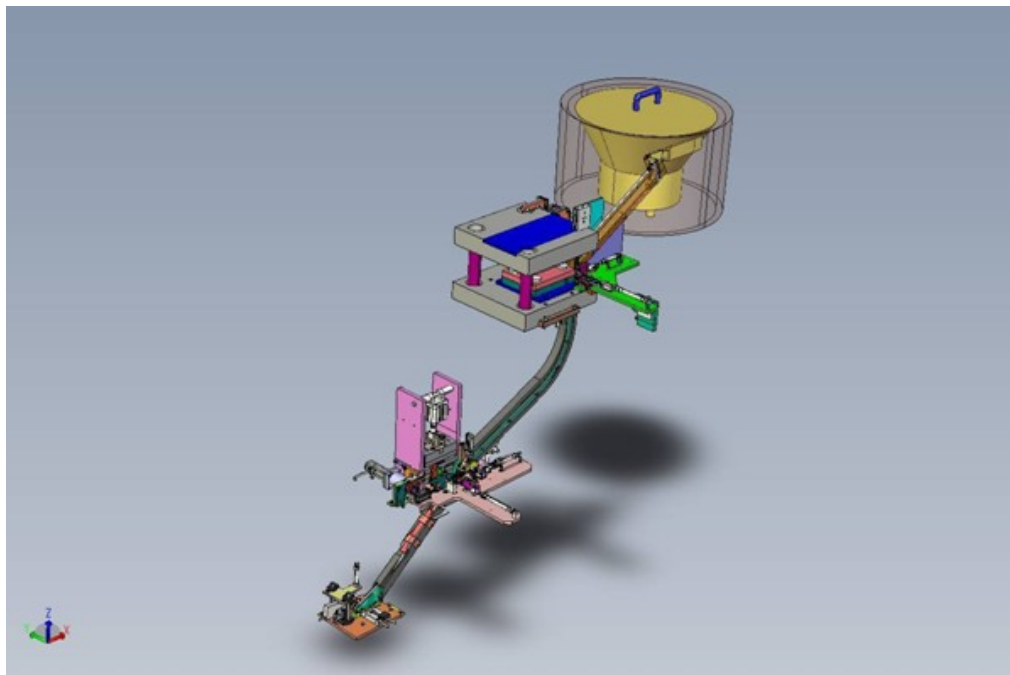
[1]

Příklad:

Mezioperační přeprava dílů s rotací při přesunu řešená gravitačním skluzem

Nevhodné pro:

velmi malé a lehké díly pro komponenty, které se lepí na stěny skluzu

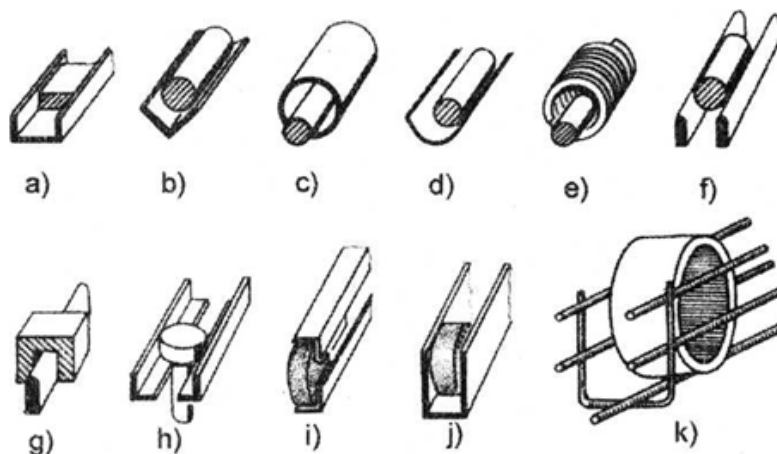


Obr. 1-1: Mezioperační přeprava dílů s rotací při přesunu řešená gravitačním skluzem ([8])

Volitelné příslušenství:

- čidla snímání maxima a minima množství dílů
- oddělovač dílů
- upevňovací prvky sloužící k montáži do stroje
- odebrací místo na konci dopravní trasy uzpůsobené pro následnou manipulaci, včetně snímání

[8]



Obr. 1-2: Různé tvary používaných skluzů

- a - h skluzy se smýkáním materiálu
i - k skluzy s valením předmětu

Na Obr. 1-2 jsou znázorněny různé typy skluzů a již z obrázku je zřejmé, že před vlastním návrhem skluzu je třeba definovat přesouváný předmět a počáteční a koncovou polohu manipulovaného předmětu. U položek a-h se jedná o pohyb klouzavý a proto musíme mít vstupní úroveň dopravníku vyšší než výstupní. Sklon dopravníku musí být vyšší než odpovídající úhel stanovený z koeficientu tření, který je závislý na mnoha podmínkách: materiálu, tvaru výrobku, materiálu skluzu, úhlu sklonu skluzu. Zlepšení smykání můžeme docílit mazáním smykových ploch. Položky i-j znázorňují možnosti valení ve skluzech. I v tomto případě musí úhel sklonu skluzu být větší než úhel odpovídající koeficientu valivého tření valeného předmětu.

Dalším předpokladem dopravy po skluzech je stabilita přepravovaného předmětu, aby nedošlo k jeho překlacení.

[1]

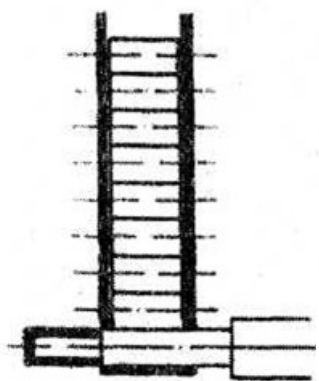
1.5 Podávací mechanismy

Dopravují předměty ze zásobníku do pracovního prostoru stroje. Dělíme je na skupiny:

- podávací mechanismus s přímočarým vratným pohybem,
- podávací mechanismus s kývavým pohybem,
- podávací mechanismus s kombinovaným pohybem,
- podávací mechanismus s otáčivým pohybem.

Konstrukce a provedení podávacích mechanismů závisí na tvaru a rozměrech předmětu a na konstrukci stroje, který je obsluhován. V mnoha případech jsou podávací mechanismy vytvořeny i s odměřovacím mechanismem a tvoří jeden celek.

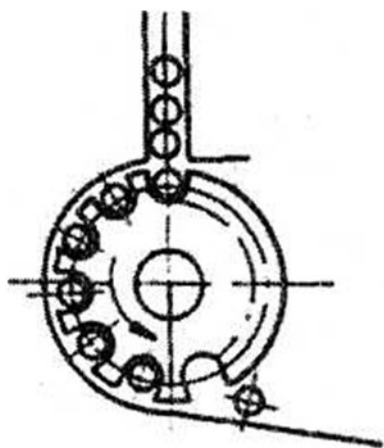
1.5.1 Podávací mechanismus s přímočarým vratným pohybem



Podávací mechanismus s přímočarým vratným pohybem pro podávání předmětu ve směru kolmém na osu předmětu.

Obr. 1-3: Podávací mechanismus s přímočarým vratným pohybem

1.5.2 Podávací mechanismus s otáčivým pohybem



Podávací mechanismus s otočným pohybem, který je používán při podávání kuliček. Z vertikálního zásobníku padají kuličky do tvarovaných vybrání a po otočení mechanismu jsou jednotlivě kuličky uvolněny na skluz, po kterém se odvalují na místo určení.

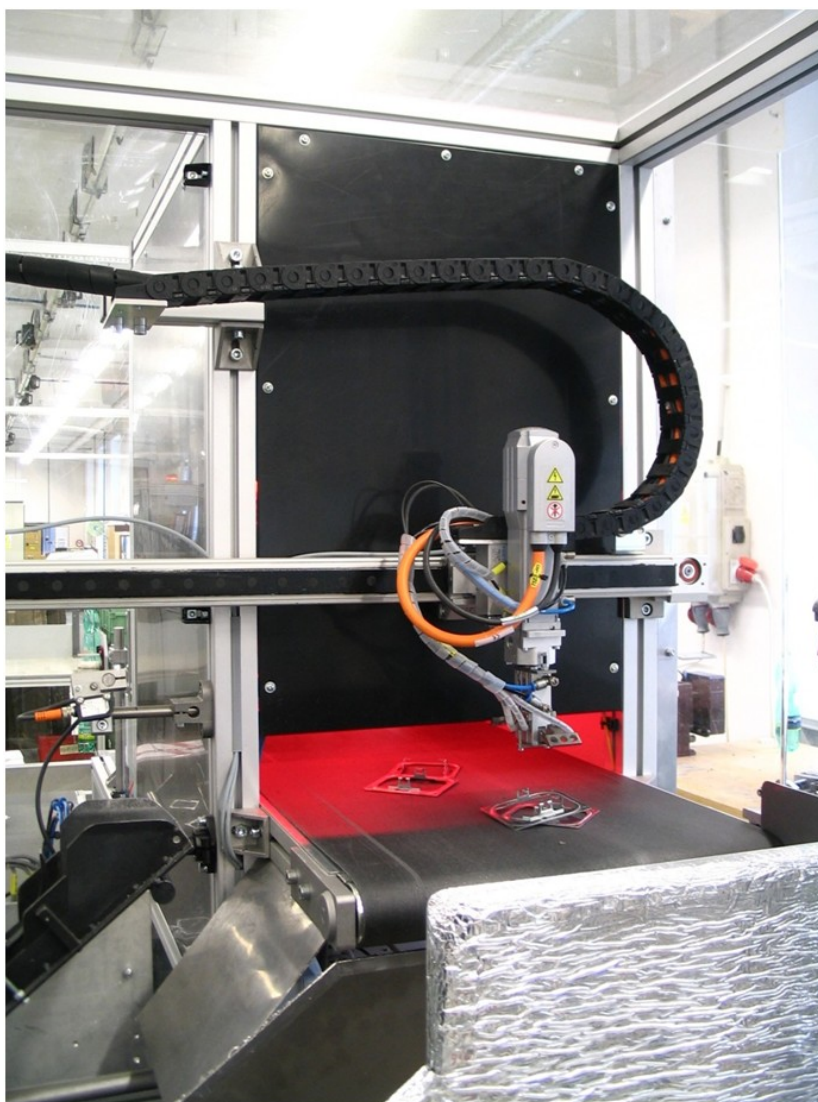
Obr. 1-4: Podávací mechanismus s otáčivým

1.5.3 Podavače s kamerovým systémem

Podavače s kamerovým systémem slouží pro podávání nesnadno orientovatelných, případně zapletených dílů. K jejich podávání slouží kamerou řízené chapadlo na manipulátoru. Jsou sestaveny z víceosého manipulátoru se servomotory, soustavou dopravníků a kamerového systému. Mezi velké výhody těchto podavačů patří nižší hluchnost, minimální spotřeba stlačeného vzduchu, vysoký výkon, necitlivost na kvalitu rozvodné sítě.

Příklad:

Podávání komponentů plechového rámečku strojku elektrické zásuvky. Takt pod 2s.



Obr. 1-5: Podavač s kamerovým systémem ([8])

1.5.4 Vibrační podávač

Pro automatikou orientaci nejruznějších předmětů a jejich posouvání k odběrnému místu, převážně k montážním operacím, se s výhodou využívá vibračních podávačů, vytvořených z násypky, vibračního zařízení a účelově řešených žlábků.

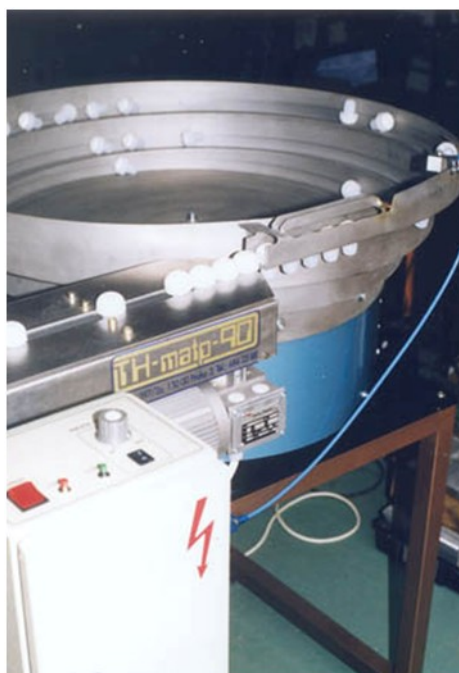
Každý vibrační podávač je uzpůsoben pro konkrétní tvary, rozměry a hmotnosti přemísťovaných předmětů. Podle směru podávání předmětu se rozdělují podávače:

1. s přímočarým pohybem - velmi často v horizontální rovině (Obr. 1-6).
2. s pohybem ve šroubovici - nejčastěji ve šroubovici směrem vzhůru (Obr 1-7).

[1]



Obr. 1-6: Vibrační podavač s přímočarým pohybem ([8])



Obr. 1-7: Vibrační podavač s pohybem ve šroubovici ([8])

2 Návrh variant jednotlivých řešení podavače krátkých trubek

2.1 Požadavkový list

Požadavkový list obsahuje požadavky, které jsou kladeny na periferní zařízení na tři varianty řešení podavače krátkých trubek.

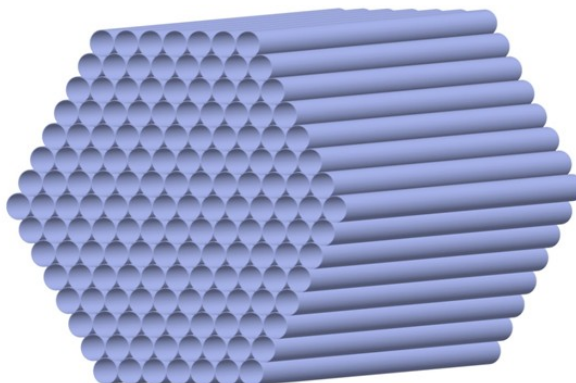
Požadavky na periferní zařízení:

Požadavkový list	
Technologická činnost	manipulace s trubicí
Pracovní prostředí	indoor
Průměr trubky	15-20 mm
Délka trubky	200 - 400 mm
Materiál trubky	slitina hliníku
Hmotnost trubky	max. 0,038 kg
Tvar trubky	rovné stejné
Dodací doba trubky	10 s
Počet trubek v zásobníku	max. 160 ks
Dodání trubek do podavače	svazek rozpojený

Tab. 2-1 Požadavkový list

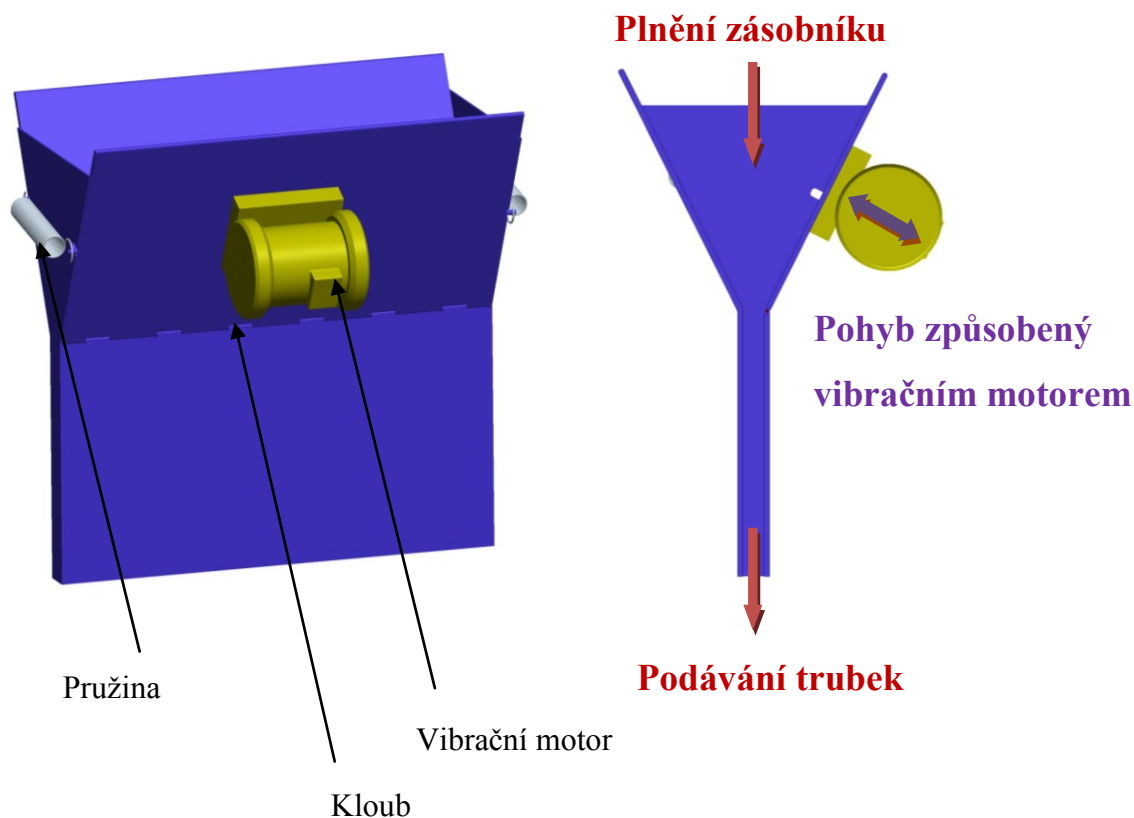
2.2 Objekt manipulace

Ve všech variantách jsou dodávány trubky ve formě balíku. Tyto balíky jsou rozpojeny před vložení do zásobníku podavače trubek.



Obr. 2-1: Balík trubek 154 ks

2.3 Varianta A



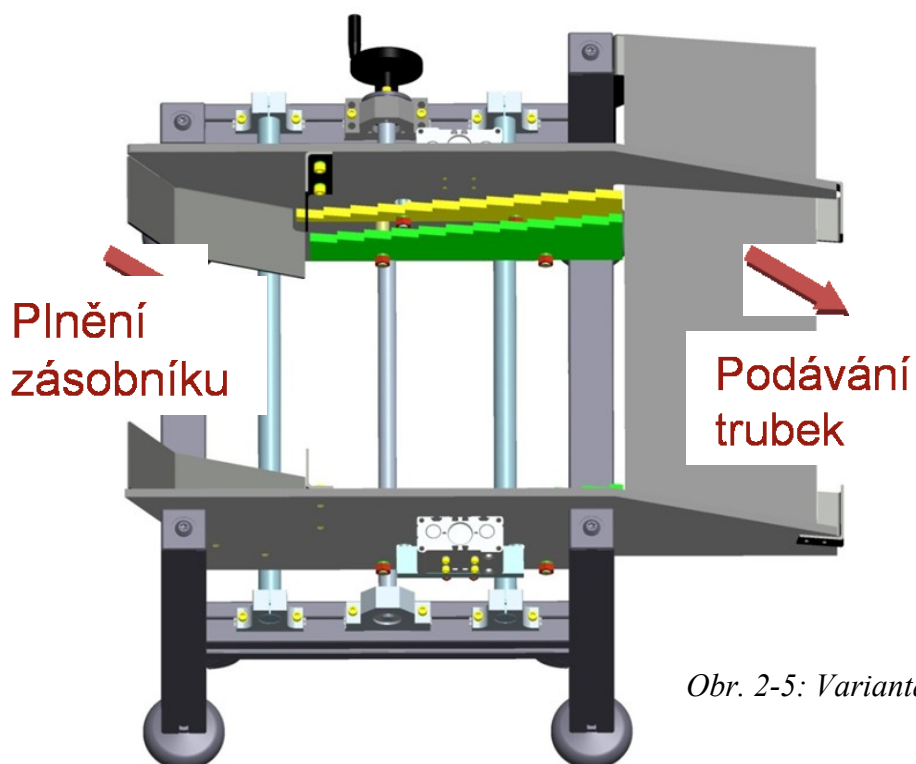
Obr. 2-2: Varianta A

Obr. 2-3: Varianta A-Řez

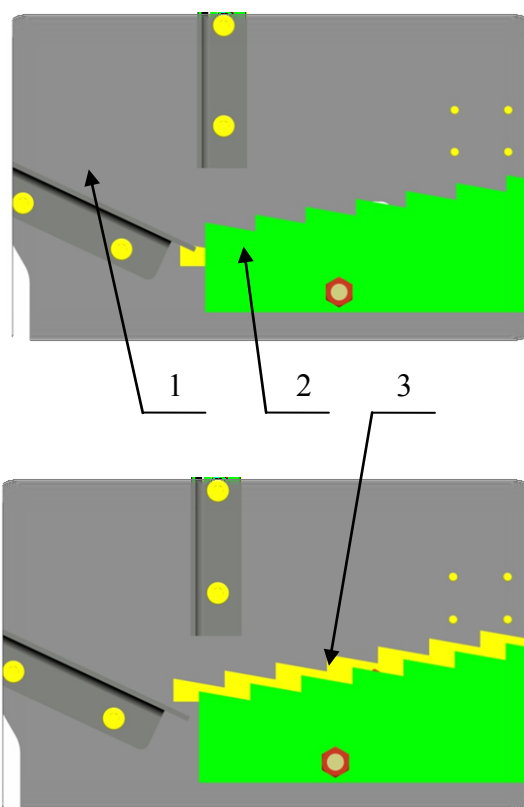
2.3.1 Popis

Varianta A je řešena tím způsobem, že zásobník periferního zařízení (podavače trubek) je ve tvaru Y. Jedna stěna zásobníku je uložena na kloubu, na této stěně je připevněn vibrační motor. Vibrační motor slouží k tomu, aby malými kmity zabránil trubkám, které jsou v zásobníku tvořit klenbu (v tomto případě by trubky přestaly padat do otvoru). Mezi stěnami je pružina, která umožňuje mírný pohyb odvozený vibračním motorem. Trubky jsou podávány samospádem k odebíracímu stroji.

2.4 Varianta B



Obr. 2-5: Varianta B

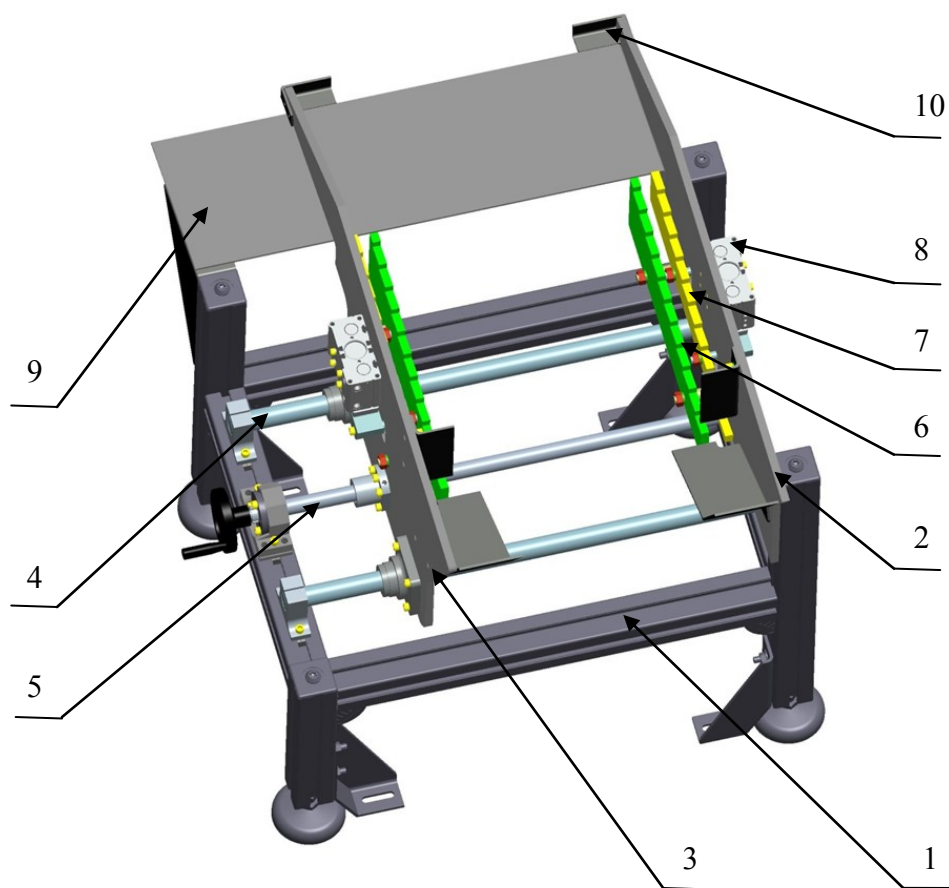


- 1- Zásobník
- 2- Pevný hřeben
- 3- Pohyblivý hřeben

Obr. 2-6: Varianta B - pohyb hřebenu

2.4.1 Popis

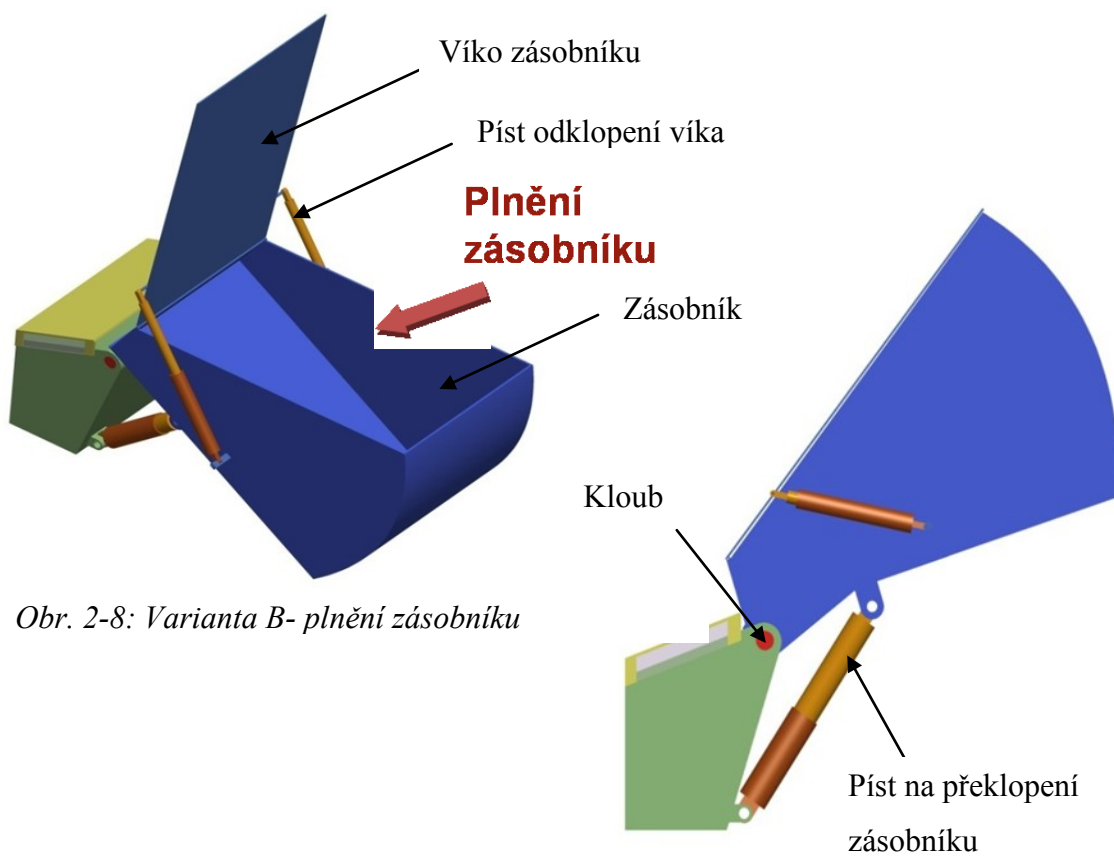
Druhá varianta je konstruovaná tak, že rám (1) podavače je sestaven z hliníkového profilu. Na tento rám (1) jsou připevněny dvě stěny (2,3), které tvoří zásobník. Jedna stěna (2) je pevně přichycena k rámu pomocí šroubu. Druhá (3) je stavitelná, protože je uložena na lineárním vedení (4). Pohyb stavitelné stěny je uskutečněn pomocí kuličkového šroubu (5). Pohyb trubek ze zásobníku je uskutečněn pomocí dvou hřebenů (6,7). Pevný hřeben (6) je pevně uložený na čepech zásobníku, pohyblivý hřeben (7) je pomocí nástavby připevni na pneumatickém motoru (8). Pneumatický motor (8) slouží k lineárnímu pohybu pohyblivého hřebenu (7). Na jeden zdvih pohyblivého hřebenu (7) se trubka přesune na pevný hřeben (8). Tento proces se opakuje tak dlouho, než se trubka dostane na skluz (9), kde se zastaví o doraz (10).



Obr. 2-7: Varianta B

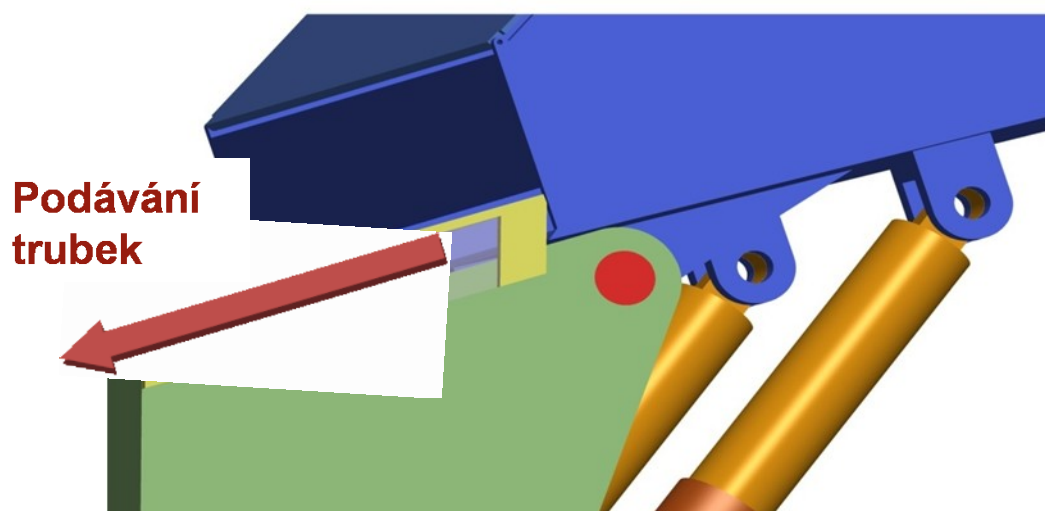
1 – Rám podavače, 2 – Pevná stěna, 3 – Stavitelná stěna, 4 – Lineární vedení, 5 – Kuličkový šroub, 6 – Pevný hřeben, 7 – Pohyblivý hřeben, 8 – Pneumatický motor, 9 – Skluz, 10 – Doraz

2.5 Varianta C



Obr. 2-8: Varianta B- plnění zásobníku

Obr. 2-9: Varianta B- překlopení zásobníku



Obr. 2-10: Varianta B - detail podávání trubek

2.5.1 Popis

Poslední, třetí varianta má zásobník ve tvaru lžice. Zásobník je opatřen víkem, které zabráňuje svévolnému vypadnutí trubky při překlopení zásobníku. Víko se při plnění odklopí pomocí dvou pístů. Celý zásobník je uložen na kloubu, překlápění zajišťují písty. Když dochází k překlopení, začnou se sypat trubky otvorem ze zásobníku ven. Při přerušení dodávky trubek se zásobník sklopí, trubky změní svou polohu a může nastat opětovné překlopení.

3 Výběr optimální varianty

V této kapitole bude dle hodnotové analýzy vybrána optimální varianta podavače krátkých trubek. Váha významností jednotlivých kritérií se určí metodou porovnávání v trojúhelníku párů, kdy se porovnávají vždy jen dvě kritéria. Druhý řádek v tab. 3-4 obsahuje první hodnotící kritérium. Toto kritérium se porovná s dalšími kritérii, které se nacházejí v řádku pod ním. Toto se provede u všech kritérií. Významnější kritérium je označeno modrou barvou (počet voleb: 1). V případě, že dvě kritéria mají stejnou významnost, jsou označeny obě modrou barvou (počet voleb: 0,5).

3.1 Hodnoty kritérií

Pro hodnocení jednotlivých variant v kritériích byla sestavena šestibodová stupnice.

Úroveň kritéria	Body
vysoka	6
dobrá	5
průměrná	4
nízká	3
nevyhovující	2
nepříznivý stav	1

Tab. 3-1: Bodová stupnice hodnocení

3.2 Významnost kritérií

Významnost kritérií
nejvyšší 2
nejnižší 1

Tab. 3-2: Významnost kritérií

3.3 Zhodnocení jednotlivých kritérií

Označení kritéria	Kritérium	Charakteristika kritéria	Varianty řešení		
			A	B	C
K1	Náklady	veškeré pořizovací náklady na periferní zařízení	5	4	4
K2	Složitost konstrukce	počet použitých dílů	5	4	4
K3	Přizpůsobivost polotovaru	změna průměru a délky trubky	3	5	3
K4	Energetická náročnost	použité druhy energií	3	3	3
K5	Spolehlivost	možný výskyt kritických míst v konstrukci snížení plnění funkce zařízení	4	4	3
K6	Normohodina	schopnost zařízení dodat určité množství trubek v časovém rozmezí	4	4	3

Tab. 3 -3: Zhodnocení kritérií jednotlivých variant

3.4 Určení významnosti metodou trojúhelníkového páru

Porovnáváme páry kritérií					Počet voleb v	Pořadí
K1	K1	K1	K1	K1	2	4
K2	K3	K4	K5	K6		
	K2	K2	K2	K2	1	5
	K3	K4	K5	K6		
		K3	K3	K3	5	1
		K4	K5	K6		
			K4	K4	0	6
			K5	K6		
				K5	3	3
				K6	4	2
Vypracoval: Miroslav Buček						

Tab. 3-4: Metoda porovnávání v trojúhelníku párů podle autora bakalářské práce

Porovnáváme páry kritérií					Počet voleb v	Pořadí
K1	K1	K1	K1	K1	3	3-4
K2	K3	K4	K5	K6		
	K2	K2	K2	K2	0	6
	K3	K4	K5	K6		
		K3	K3	K3	4	2
		K4	K5	K6		
			K4	K4	3	3-4
			K5	K6		
				K5	5	1
				K6	1	5
Vypracoval: Tomáš Bartek						

Tab. 3-5: Metoda porovnávání v trojúhelníku párů podle osloveného experta

3.5 Určení váhy významnosti

Kritérium	Váha významnosti q
K1	2,5
K2	0,5
K3	4,5
K4	1,5
K5	4
K6	2,5

Tab. 3-6: Váha významnosti

Váha významnosti q byla určena podle následujícího vzorce:

$$q = \frac{\sum \left(v_{z_1} \right)_i}{p_z} = \frac{5}{2} = 2,5 \quad (1)$$

$\left(v_{z_1} \right)_i$ - součet počtů voleb K1 jednotlivými znalci

p_z - počet znalců

Příklad je určen pro kritérium K1. Řešení pro následující kritéria je stejné.

3.6 *Hodnocení jednotlivých variant*

Varianta A			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	5	2,5	12,5
K2	5	0,5	2,5
K3	3	4,5	13,5
K4	3	1,5	4,5
K5	4	4	16
K6	4	2,5	10
Celkový počet indexu varianty A			59

Tab. 3-7: Zhodnocení varianty A

Varianta B			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	4	2,5	10
K2	4	0,5	2
K3	5	4,5	22,5
K4	3	1,5	4,5
K5	4	4	16
K6	4	2,5	10
Celkový počet indexu varianty B			65

Tab. 3-8: Zhodnocení varianty B

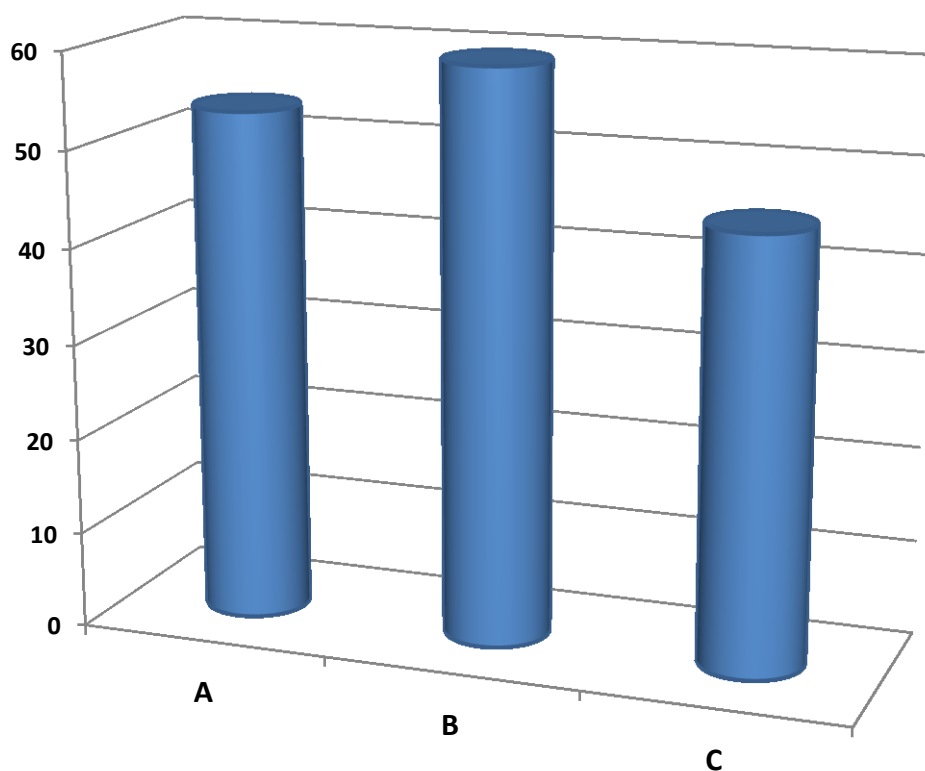
Varianta C			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	4	2,5	10
K2	4	0,5	2
K3	3	4,5	13,5
K4	3	1,5	4,5
K5	3	4	12
K6	3	2,5	7,5
Celkový počet indexu varianty C			49,5

Tab. 3-9: Zhodnocení varianty C

3.7 Vyhodnocení a určení ideální varianty

Shrnutí výsledků hodnotové analýzy		
Varianta	Celkový součet vážených indexu	Pořadí
A	59	2
B	65	1
C	49,5	3

Tab. 3-10: Shrnutí výsledků hodnotové analýzy

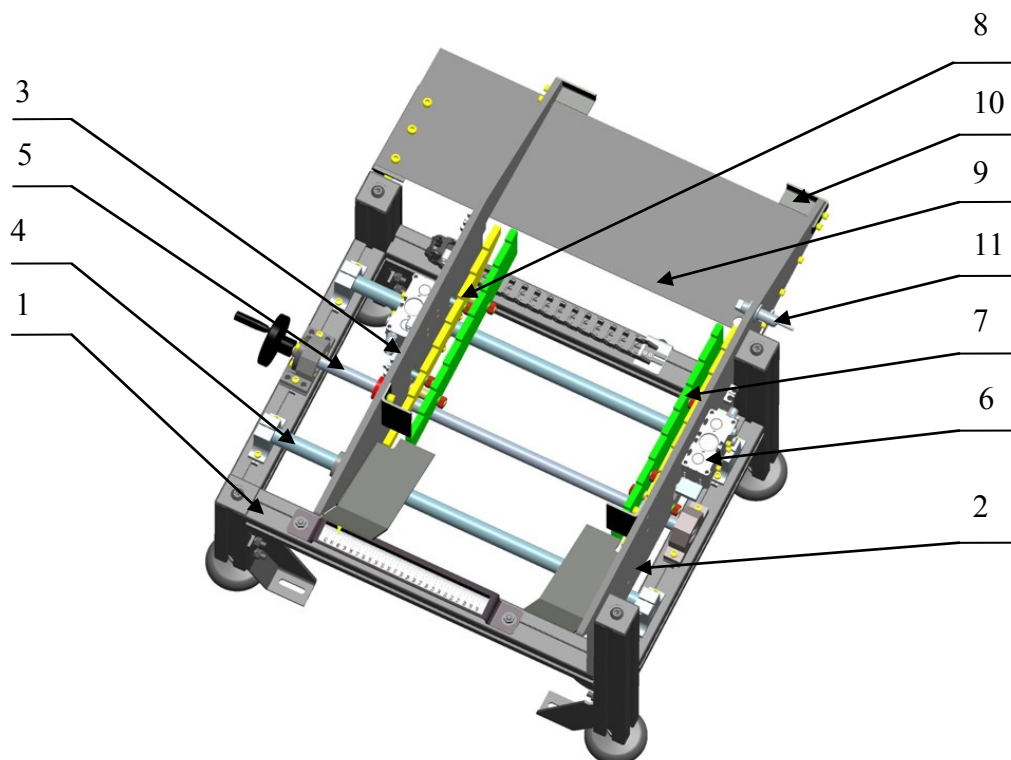


Graf 3-1: Graf porovnání vážených indexu jednotlivých variant

Na základě vážených indexu byl vypracován graf, z něhož je zřejmé, že optimální varianta podavače krátkých trubek je varianta B.

4 Konstrukční řešení podavače krátkých trubek

Podavač trubek slouží k podávání trubek ze zásobníku. Do zásobníku jsou vždy vloženy trubky stejných rozměrů. Rám (1) podavače je sestaven z hliníkového profilu 50x50L. Na tento rám (1) jsou připevněny dvě stěny (2,3), které tvoří zásobník. Jedna stěna je pevná (2) druhá je stavitelná (3), protože je uložena na lineárním vedení (4). Pohyb stavitelné stěny je uskutečněn pomocí kuličkového šroubu (5). Podávání trubek je zajištěn pomocí lineárního pohybu hřebenu (7,8). Pevný hřeben (7) je pevně uložený na čepích zásobníku, pohyblivý hřeben (8) je pomocí nástavby připevněn na pneumatickém motoru (6). Pneumatický motor (6) slouží k lineárnímu pohybu pohyblivého hřebenu (8). Na jeden zdvih pohyblivého hřebenu (8) se trubka přesune na pevný hřeben (7). Tento proces se opakuje tak dlouho, než se trubka dostane na skluz (9), kde se zastaví o doraz (10). Po naplnění skluzové plochy trubkami se přeruší na delší dobu světelný paprsek odrazového senzoru (11). Když dojde k delšímu přerušení světelného paprsku, zastaví se pneumatické motory (6) a přestanou se dodávat trubky ze zásobníku. Po následném odebrání trubek z koncové polohy zásobníku se opět pomocí senzoru zapnou pneumatické motory (6) a pomocí pohyblivého hřebenu (8) jsou trubky odebírány ze zásobníku.

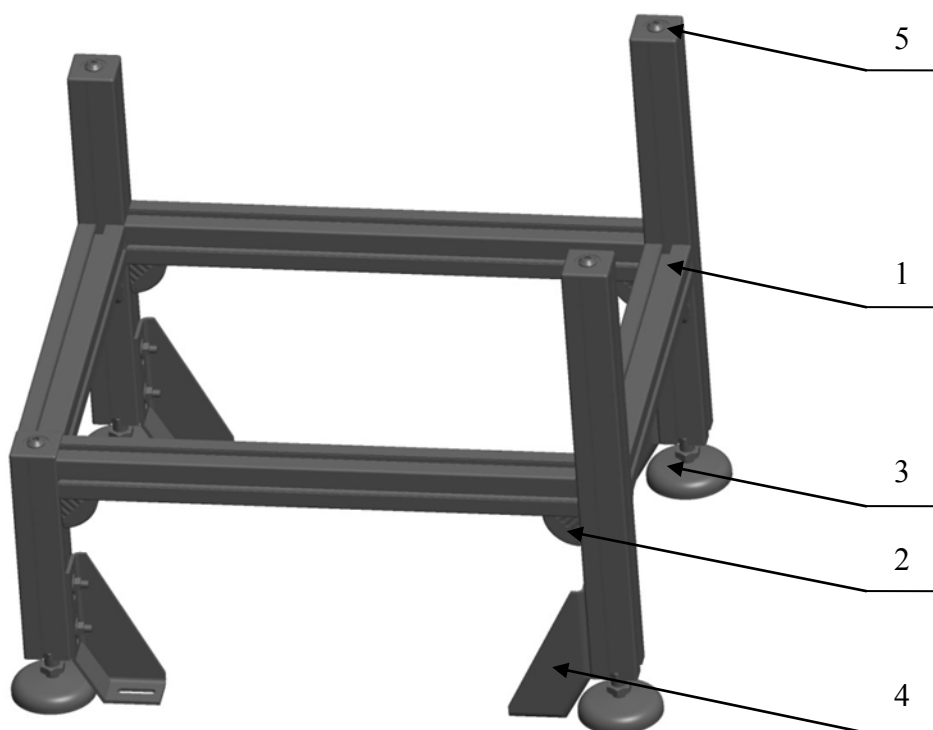


Obr. 4-1: 3D model podavače trubek

1 – Rám podavače, 2 – Pevná stěna, 3 – Stavitelná stěna, 4 – Lineární vedení, 5 – Kuličkový šroub, 6 – Pneumatický motor, 7 – Pevný hřeben, 8 – Pohyblivý hřeben, 9 – Skluz, 10 – Doraz, 11 – Odrazové čidlo

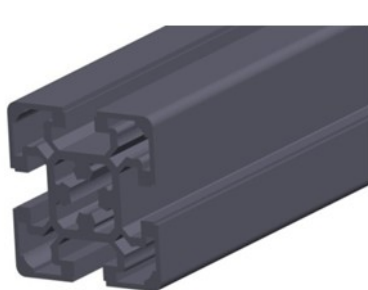
4.1 Rám podavače

Nosný rám podavače tvoří hliníkový profily 50x50L od firmy Bosch Rexroth. Tyto profily jsou spojeny pomocí typizovaných spojovacích dílů. Oproti železným profilům odpadá povrchová úprava, vrtání, svařování a také mají menší hmotnost.



Obr. 4-2: Rám podavače

1 – Profil 50x50L, 2 – Spojovací prvek, 3 – Stavitelná noha, 4 – Kotvící noha, 5 – Víčko



Obr. 4-3: Profil 50x5 ([12])



Obr. 4-4: Spojovací prvek
– úhelník ([12])



Obr. 4-5: Stavitelná noha ([12])



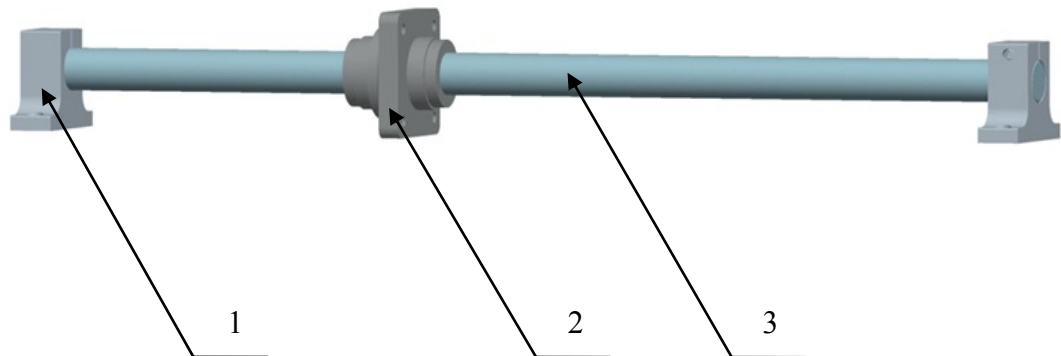
Obr. 4-6: Kotvicí noha ([12])



Obr. 4-7: Krytka profilu ([12])

Jednotlivé profily (Obr. 4-6) jsou spojeny pomocí spojovacího prvku (Obr. 4-4). Na profily jsou nasazeny krytky (Obr. 4-7), které zabraňují poranění operátora u podavače a zlepšují estetický dojem. Pomocí stavitelné nohy (Obr. 4-5) je rám dobře ustaven i v nerovném prostředí, kotvicí nohy (Obr. 4-6) slouží pro pevné připevnění rámu na dané místo a je zabráněno jeho pohybu.

4.2 Lineární vedení

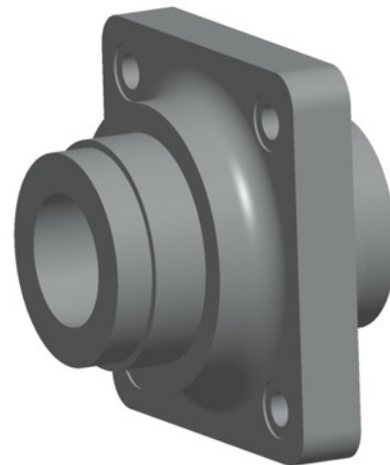


Obr. 4-8: Lineární vedení ([11])

1 – Pouzdro typ R1055, 2 – Lineární pouzdro přírubový typ R1081 , 3 – Vodící tyč

Na lineárním kuličkovém vedení firmy Bosch Rexroth je uložena stavitelná stěna, pomocí lineárního pouzdra přírubového typu. Vodící tyč vedení je připevněna do pouzder šroubem svěrným spojem a následně jsou pouzdra přišroubovány k rámu.

Lineární pouzdro přírubový typ R1081	
Typ	Kuličkové
Řada	Standardní
Ø d [mm]	25
Hmotnost [kg]	0,63
C [N]	3950
C ₀ [N]	2180



Obr. 4-9: Lineární pouzdro přírubový typ
R1081 ([11])

Tab. 4- 1: Lineární pouzdro přírubový typ R1081 ([11])

4.2.1 Výpočet lineárního vedení

Únosnost a životnost lineárního vedení

Lineární pouzdro přírubový typ R1081

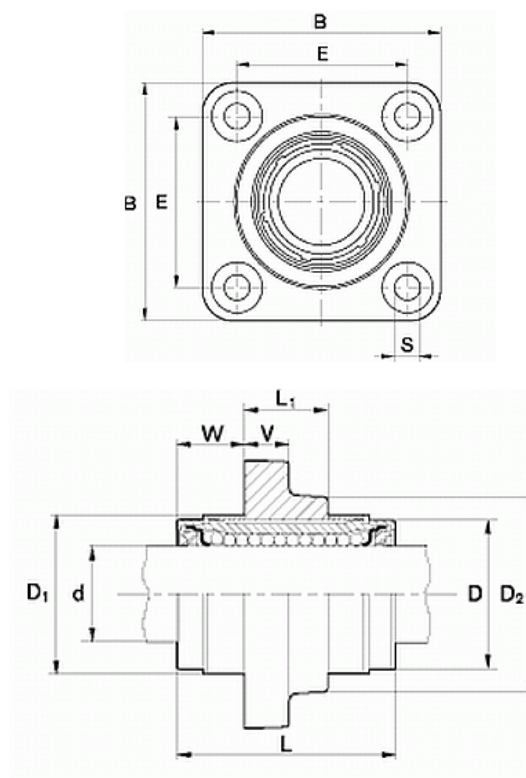
Vnitřní průměr: $d=25\text{mm}$

Vnější rozměr: $B=74\text{mm}$

Šířka vedení: $L=58$

Dynamická únosnost: $C=3950\text{N}$

Statická únosnost: $C_0=2180\text{N}$



Obr. 4-10 Lineární pouzdro přírubový typ R1081-výkres ([11])

Kde:	$F_r...$	silá v radiálním směru	[N]
	$F_a...$	silá v axiálním směru	[N]
	$C_0...$	statická únosnost	[N]
	$L...$	nominální životnost	[m]
	$L_h...$	hodinová životnost	[h]
	$C_{dyn}...$	dynamická únosnost	[N]
	$P_e...$	statický ekvivalent zatížení	[N]
	$f_H...$	faktor tvrdosti	[/]
	$f_T...$	faktor teploty	[/]
	$f_W...$	faktor zatížení	[/]

Ekvivalent dynamického zatížení - P_e :

Pro výpočet ekvivalentu dynamického zatížení musíme znát působící síly na lineární vedení. Na lineárním vedení je uložena stavitelná stěna, proto musíme při jeho zvolení znát hmotnost všech prvků, které toto vedení nese.

Hmotnost všech prvků stavitelné stěny z programu Pro/Engineer: $m_{\text{hmot. stěny}} = 17,312 \text{ kg}$.

Maximální zatížení podavače trubkami: $m_{\text{max. trubek}} = 6 \text{ kg}$.

$$F_r = (m_{\text{hmot. stěny}} + m_{\text{max. trubek}}) \cdot 9,81 = (17,312 + 6) \cdot 9,81 = \underline{\underline{228,69 \text{ N}}} \quad (2)$$

$$P_e = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

$$P_e = 1 \cdot 228,69 + 0 = \underline{\underline{228,69 \text{ N}}} \quad (3)$$

Výpočet nominální životnosti – L

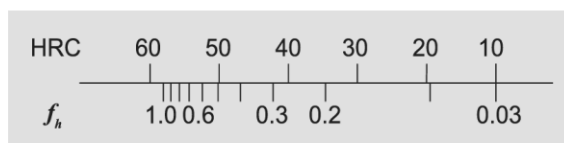
Životnost se velmi liší dokonce, i když lineární vedení jsou vyrobena stejným způsobem a jsou provozována za stejných podmínek. Z těchto důvodů je nominální životnost použita jako měřítko pro stanovení předpokládané životnosti lineárního vedení. Nominální životnost je celková vzdálenost chodu, kterou 90% lineárních vedení ze stejné skupiny, pracujících ve stejných pracovních podmínkách, mohou urazit bez prvních únavových trhlinek.

Jestliže se vezmou v úvahu okolní faktory, pak je přibližná životnost velmi ovlivněna podmínkami pro pohyb, tvrdostí oběžné drážky a teplotou lineárního vedení. Vztah mezi těmito faktory je vyjádřen v rovnici:

$$\text{Provedení kuličkové: } L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot C_{dyn}}{f_w \cdot P_e} \right)^3 \cdot 50000$$

Faktor tvrdosti - f_H :

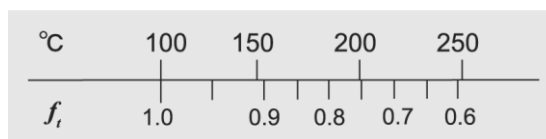
Oběžné dráhy lineárního vedení mají tvrdost 58 HRC. Pro tuto hodnotu dáváme faktor tvrdosti v hodnotě 1.0. Pokud by nebyla tato tvrdost dodržena, je dynamická a statická únosnost tímto faktorem ovlivněna.



Obr. 4-11: Faktor tvrdosti

Faktor teploty – f_T :

Když je teplota prostředí, ve kterém pracuje lineární vedení, vyšší jak 100°C, je dynamická a statická únosnost tímto faktorem ovlivněna.



Obr. 4-12: Faktor teploty

Faktor zatížení – f_W :

Na statickou a dynamickou únosnost má vliv způsob namáhání, který na lineární vedení působí a zároveň i velikost pojezdové rychlosti.

Typ zatížení	Pojezdová rychlost	f_W
žádné rázy a vibrace	$V < 15$ m/min	1-1,2
malé rázy	$15 \text{ m/min} < V < 60$ m/min	1,2-1,5
normální zatížení	$60 \text{ m/min} < V < 120$ m/min	1,5-2,0
s rázy a vibracemi	$V > 120$ m/min	2,0-3,5

Obr. 4-13: Faktor zatížení

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot C_{dyn}}{f_W \cdot P_e} \right)^3 \cdot 50000 \quad (4)$$

Hodnoty: $f_H=1$ $f_T=1$ $f_W=1,35$ $C_{dyn}=3950\text{N}$ $P_e=228,69\text{N}$

$$L = \left(\frac{1 \cdot 1 \cdot 3950}{1,35 \cdot 228,69} \right)^3 \cdot 50000 = 107717306\text{m}$$

Výpočet doby životnosti v hodinách - L_h

$$\text{Provedení kuličkové: } L_h = L \cdot \frac{50000}{v \cdot 60} = \left(\frac{C_{dyn}}{P_e} \right)^3 \cdot \frac{50000}{v \cdot 60} \quad (5)$$

Hodnoty: $L=107717306\text{m}$ $C_{dyn}=3950\text{N}$ $P_e=228,69\text{N}$ $v=15\text{m/s}$

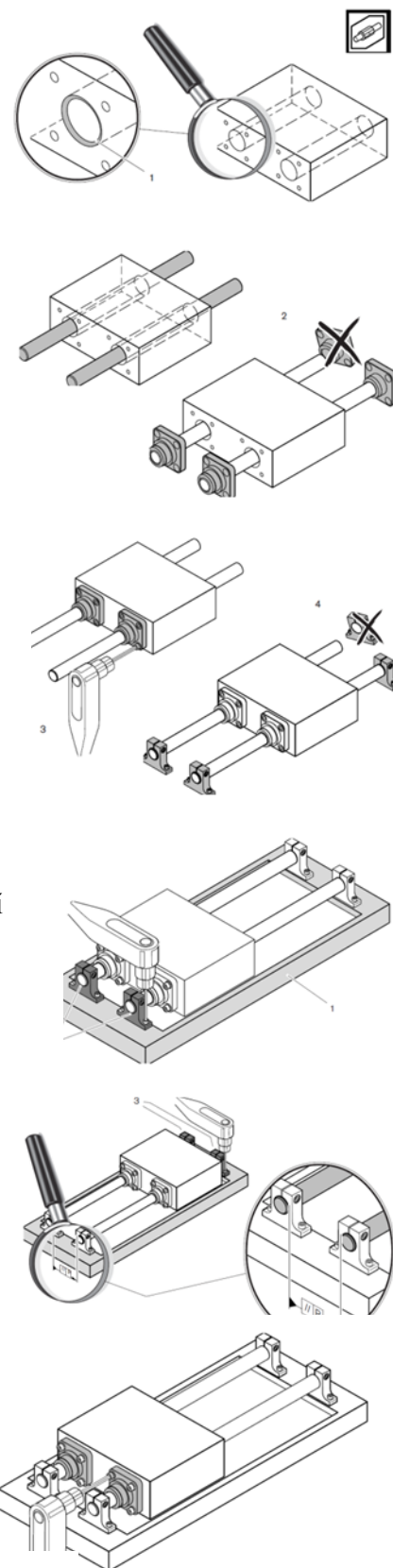
$$L_h = 107717306 \cdot \frac{50000}{v \cdot 60} = \left(\frac{3950}{228,69} \right)^3 \cdot \frac{50000}{15 \cdot 60} = 286270\text{h}$$

Zvolené vedení vydrží bez prvních únavových trhlinek 107717306 metrů a 286270 hodin.

[16]

4.2.2 Montáž lineárního vedení

- Zkontrolujte, zda otvory ve stavitelné stěně (poz.2) jsou zaoblený nebo jsou zkoseny
- Vložíme vodící tyče (poz.32) do stavitelné stěny (poz.2)
- Lineární příruba typ R1081 (poz.31) se nasune na vodící tyč (poz.32), nesmí být pootočená
- Šrouby (poz.79) nedotahujeme
- Lineární přírubu R1081 (poz.31) přišroubujeme k stavitelné stěně (poz.2) (nedotahujeme)
- Nasuneme na vodící tyč (poz.32) pouzdro typ R1055 (poz.30) nesmí být pootočené
- Připevníme pouzdra (poz.30) typ R1055 k vodící tyči (poz.32)
- Připevníme pouzdra (poz.30) typ R1055 k rámu (poz.26)
- Zkontrolujeme souosost vedení (poz.30) a připevníme pouzdra R1055 (poz.30)
- Dotáhneme šrouby (poz.79) na lineárních přírubách R1081 (poz.32)



Obr. 4-14: Montáž lineárního vedení ([17])

4.3 Kuličkový šroub

Převod rotačního pohybu na přímočarý umožňují kuličkové šrouby. Mezi závity šroubu a matice obíhají kuličky. Tím se dosahuje mechanické účinnosti až 98%, oproti trapézovým šroubům, které mají účinnost nejvýše 48%.

Další výhody oproti trapézovým šroubům jsou kromě vysoké účinnosti:

- vysoká reverzní účinnost - až 85%
- vysoká životnost díky minimálnímu valivému odporu
- žádný prokluz
- přesné polohování bezvůlovými předepnutými maticemi
- vysoká rychlost pohybu
- malá spotřeba maziva

4.3.1 Jednoduchá matice přírubová

- Matice pro válcované kuličkové šrouby
- Připojovací rozměry dle DIN 69051
- Matice se stíracím těsnícím kroužkem
- Jednoduchá přírubová matice
- Broušené kuličkové dráhy u matic

Jednoduchá matice přírubová FSI DIN	
Označení	R20-05T4-FSIDIN
Stoupaní P[mm]	5
Ø d [mm]	20
Hmotnost [kg]	0,29
C [N]	11560
C ₀ [N]	24000



Obr. 4-15: Kuličková přírubová matice ([9])

Tab. 4-2 Přírubová matice

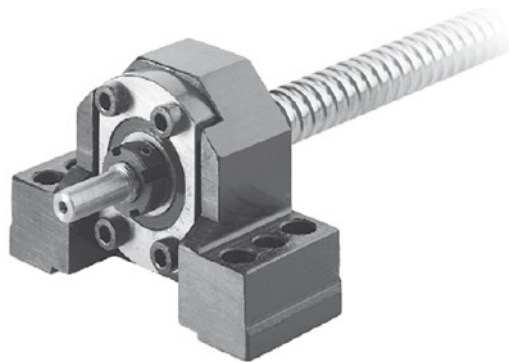
[9]

4.3.2 Patkové uložení SFA

Patkové uložení SFA slouží pro pevné uchycení kuličkového šroubu. Výška osy pevného uložení je sladěna s volným uložením v radiálním ložisku a s domečkem pro kuličkové matice.

Patkové uložení SFA-12 obsahuje:

- Ložiskový domeček z oceli
- Radioaxiální ložisko s kosoúhlým stykem ZKLF1255.2RSPE se šrouby
- Pojistná matice HIR 12



Obr. 4-16: Patkové uložení SFA [9]

4.3.3 Patkové uložení SLA

Patkové uložení SLA slouží pro volné uchycení kuličkového šroubu.

Patkové uložení SLA-12 obsahuje:

- Ložiskový domeček z oceli
- Radiální ložisko DIN 625, 6201.2RS
- Pojistný kroužek DIN 47, 12x1



Obr. 4-17: Patkové uložení SLA [9]

4.3.4 Kontrolní výpočet kuličkového šroubu

Kontrola vzpěrné tuhosti

Kuličkový šroub může být zatěžován axiální silou pouze do té míry, aby nedošlo k jeho deformaci. Přípustné axiální zatížení závisí na délce, průměru a uložení kuličkového šroubu. Maximální axiální zatížení šroubu $F_{k_{\max}}$ v pracovních podmínkách může být nejvýš 50% přípustného teoretického zatížení F_k .

Hodnoty: $k_k=2,05$ $d_k=17,5\text{mm}$ $l_k=388\text{mm}$ $d_k=20\text{mm}$ $l_k=388\text{mm}$
 $P=5\text{mm}$ $\eta=0,88$ $\mu=0,003$ $m_s=17,312\text{kg}$ $g=9,81\text{ m/s}^2$
 $f=15\text{N}$ $t_1=0,1\text{s}$ $v_{\max}=0,25\text{ m/s}^1$

Kde: $F_k \dots$ max. teoretická dovolená axiální síla [N]

$F_{k_{\max}} \dots$ max. dovolená provozní axiální síla [N]

$k_k \dots$ koeficient závislosti na uložení [/]

$d_k \dots$ průměr kuličkového šroubu [mm]

$l_k \dots$ nepodepřená délka hřídele [mm]

$M \dots$ hnací krouticí moment [N·m]

$F_{A_{\max}} \dots$ max. axiální síla působící na matici [N]

$P \dots$ stoupání závitu [mm]

$\eta \dots$ účinnost šroubu [/]

$\mu \dots$ koeficient tření kuličkového vedení [/]

$m_s \dots$ hmotnost objektu manipulace a stolu [kg]

$g \dots$ tíhové zrychlení [m/s^2]

$f \dots$ povrchový odpor vedení bez zátěže [N]

$v_{\max} \dots$ maximální rychlost posuvu [m/s^1]

$t_1 \dots$ doba zrychlení [s]

$\alpha \dots$ max. zrychlení [m/s^2]

Teoretické zatížení - F_k :

$$F_k = k_k \cdot \frac{d_k^4}{l_k^3} \cdot 10^5 = 2,05 \cdot \frac{20^4}{388^3} \cdot 10^5 = 217876 \text{ N} \quad (6)$$

Dovolená provozní axiální síla - F_{kmax} :

$$F_{kmax} = F_k \cdot 0,5 = 217876 \cdot 0,5 = 108938 \text{ N} \quad (7)$$

Maximální zrychlení - α :

$$\alpha = \frac{v_{max}}{t_1} = \frac{0,25}{0,1} = 2,5 \text{ m/s}^2 \quad (8)$$

Axiální síla působící na matici - F_{Amax} :

$$F_{Amax} = \mu \cdot m_s \cdot g + f + (m_s \cdot \alpha) = 0,003 \cdot 17,312 \cdot 9,81 + 15 + (17,312 \cdot 2,5) = 43,789 \text{ N} \quad (9)$$

Výpočet hnacího kroučícího momentu - M :

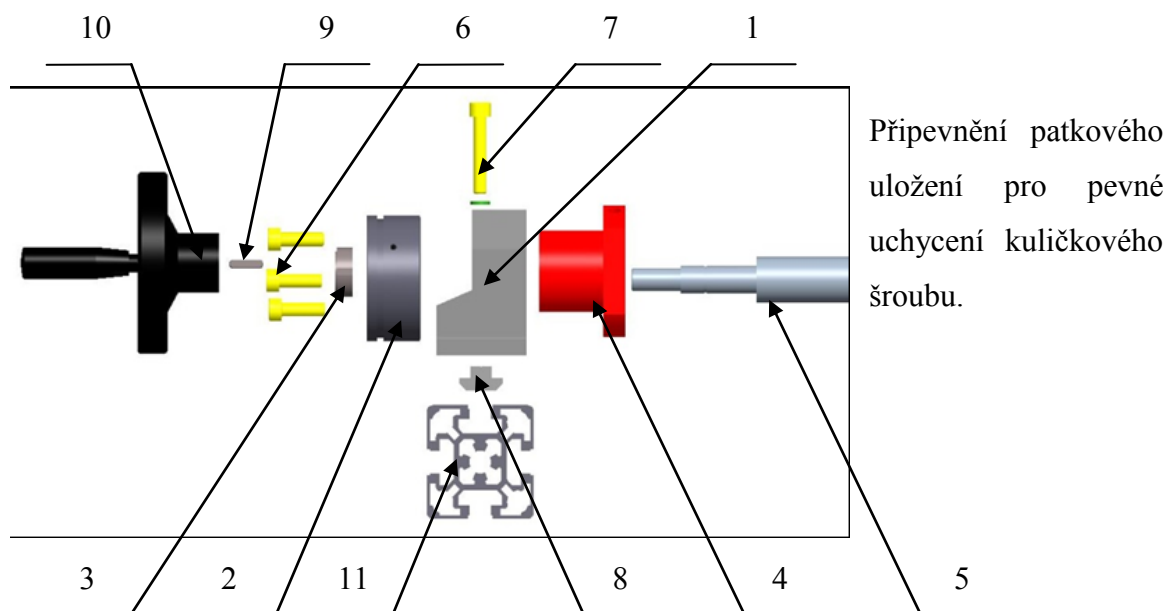
Hnací kroučící moment pro převod rotačního pohybu na přímočarý.

$$M = \frac{F_{Amax} \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta} = \frac{43,789 \cdot 5}{2000 \cdot \pi \cdot 0,88} = 0,039 \text{ Nm} \quad (10)$$

Protože manipulují s kuličkovým šroubem pouze při změně rozměru délky trubky v podavači pomocí otáčení kliky. Výpočet životnosti v otáčkách a v provozních hodinách je zanedbatelný. Pokud bychom uvažovali v budoucnu ruční pohon nahradit elektromotorem, životnost v otáčkách a provozních hodinách by nebyla zanedbatelná.

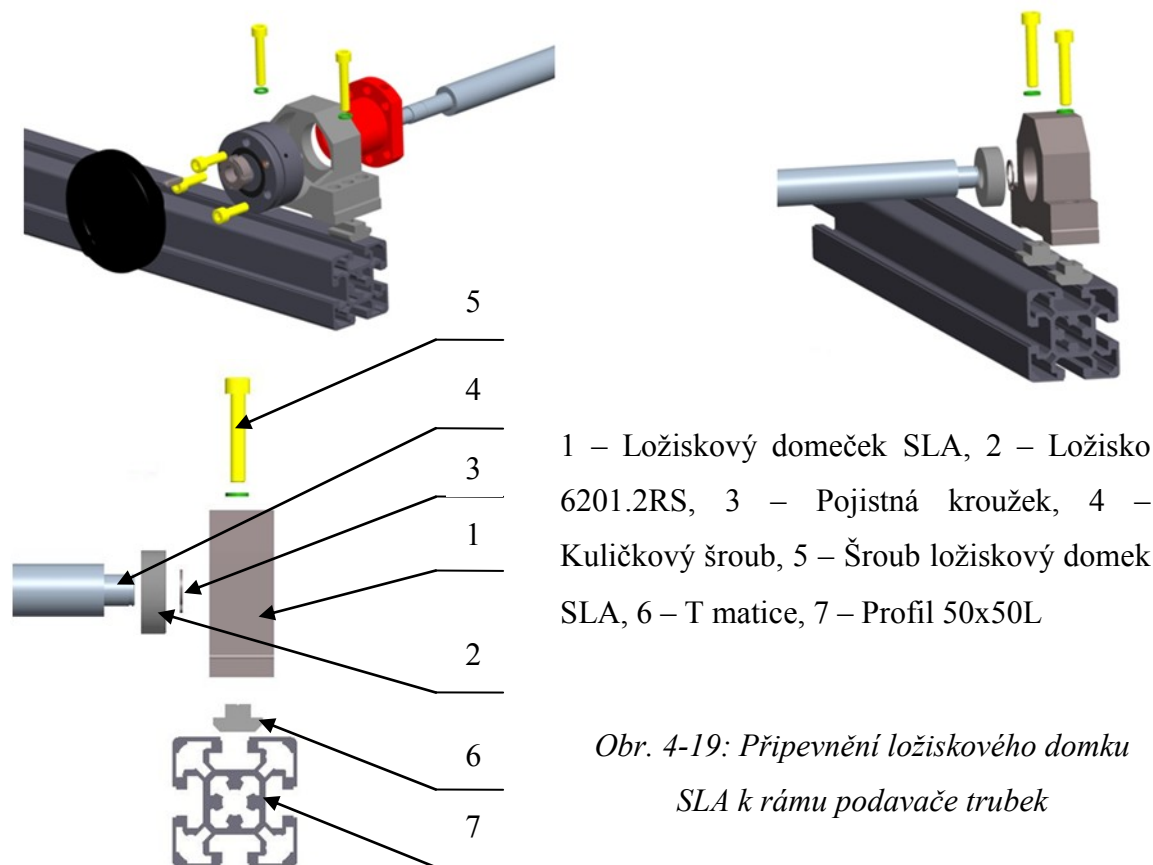
[15]

4.3.5 Konstrukční řešení připevnění kuličkového vedení



Obr. 4-18: Připevnění ložiskového domku SFA k rámu podavače trubek

1 – Ložiskový domeček SFA, 2 – Ložisko ZKLF1255.2RSPE, 3 – Pojistná matice HIR 12, 4 – Přírubová matice, 5 – Kuličkový šroub, 6 – Šroub ložiska, 7 – Šroub ložiskový domek, 8 – T matice, 9 – Pero, 10 – Klika, 11 – Profil 50x50L



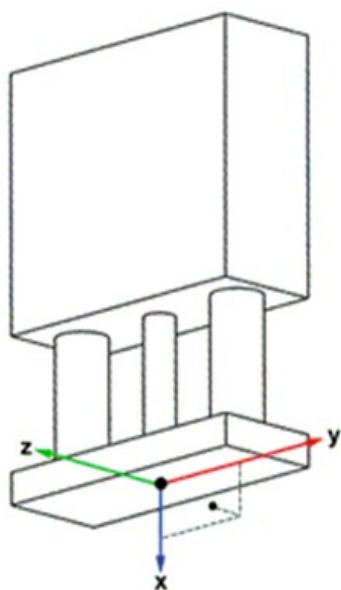
1 – Ložiskový domeček SLA, 2 – Ložisko 6201.2RS, 3 – Pojistná kroužek, 4 – Kuličkový šroub, 5 – Šroub ložiskový domek SLA, 6 – T matice, 7 – Profil 50x50L

Obr. 4-19: Připevnění ložiskového domku SLA k rámu podavače trubek

4.4 Pneumatický motor

4.4.1 Výpočet pneumatického motoru od firmy Bosch Rexroth

Pro určení pneumatického motoru jsem musel spočítat hmotnost všech dílů, které pneumatický motor zvedá. Následně byla zjištěna těžiště od zadaného souřadného systému pneumatického motoru. Jako hmotnost trubek bylo uvedeno nejsložitější řešení - největší možný počet na hřebenu v nejdelším rozměru.



Obr. 4-20 : Válec orientace [10]

Zadané parametry	
Hmotnost [kg]	2
Rameno páky: x [mm]	4,3773
Rameno páky: y [mm]	13,716
Rameno páky: z [mm]	31,055
Napájecí tlak: P [bar]	6
Pokles tlaku: P [bar]	1
Válec orientace	Stavitelná deska dolu
Zdvih: s [mm]	20
Čas na jeden zdvih: t [s]	0.5
Válec: válce série	GPC
Ložisko	kuličkové
Předběžná volba [mm]	25

Tab. 4-3: Zadaných parametru pneumatického motoru

4.4.2 Dimenzování pneumatického motoru

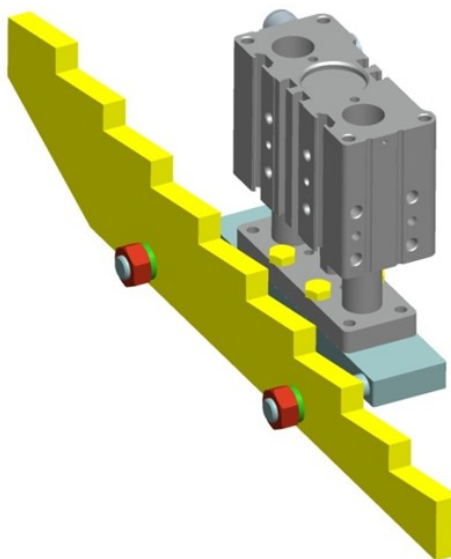
Dimenzování data	Hodnota	Zatížení [%]
Celková pohybující hmotnost [kg]	2,4	24
Zrychlení	-	OK
Rychlost [m/s]	0,05	7
Rychlost [m/s]	0,05	10
Válec zatížení	-	27
Max. rameno: Y [mm]	13,716	8
Max. rameno: Z [mm]	31,055	26

Tab. 4-4: Dimenzování pneumatického motoru

4.4.3 Výstupní data výpočtu pneumatického motoru

Výstupní data	Hodnota
Válec o průměru [mm]	25
Série	GPC 25-20
Kód číslo	0822063101
Rychlost [m/s]	0,05
Zpomalení [m/s]	47,1
Maximální síla válce [N]	294,4
Ventil Qn [Nl/min]	13,716
Vnitřní průměr trubky [mm]	31,055

Tab. 4-5: Výstupní data výpočtu pneumatického motoru



Obr. 4-21: Pneumatický motor s nadstavbou pohyblivého hřebenu

4.4.4 Pneumatický motor GPC 25-20

Podle výpočtu ze zadaných parametru na pneumatický motor byl zvolen od firmy Bosch Rexroth pneumatický motor GPC 25-20.

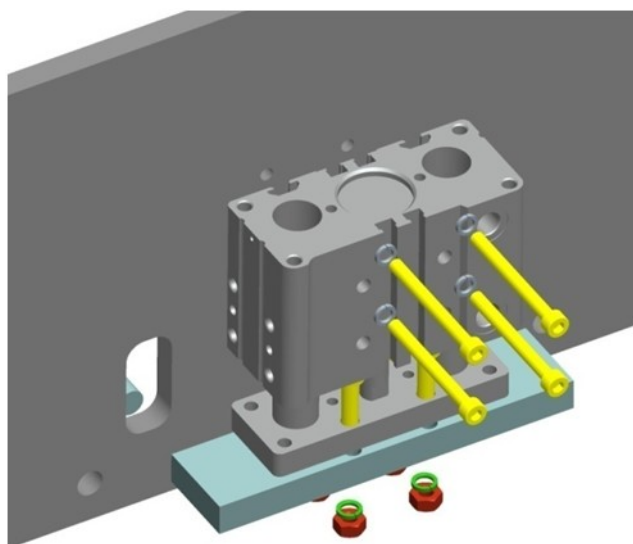
Pneumatický motor GPC-25-20	
Označení	<i>Série GPC-BV</i>
Pohyb	dvojčinný
Průměr pístu [mm]	25
Průměr vedení [mm]	20
Zdvih [mm]	20
Síla na píst zasunutí [N]	260
Síla na píst vysunutí [N]	309
Pracovní tlak [bar]	6,3
Hmotnost [kg]	0,92



Obr. 4-21: Pneumatický motor GPC [10]

Tab. 4-6: Pneumatický motor GPC-25-20

4.4.5 Připevnění pneumatického motoru

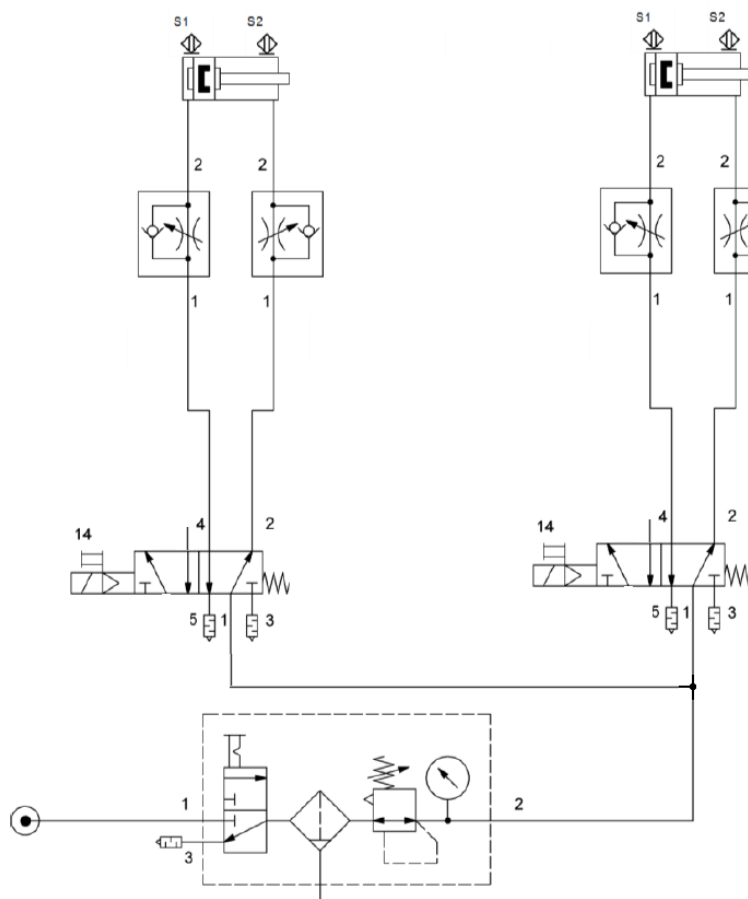


Obr. 4-22: Připevnění pneumatického motoru

Pneumatický motor je připevněn pomocí šroubu (poz.68) na stěnu podavače trubek (poz.1 a 2). Na desku pneumatického motoru je přišroubována nadstavba pomocí šroubu (poz.70). Na tuto nadstavbu je připevněn pohyblivý hřeben (poz.19) podavače trubek.

4.4.6 Obvodové schéma

Navrhnutý pneumatický obvod, který je uveden v podobě pneumatického schématu je znázorněn na obrázku (Obr. 4-23).



Obr. 4-23: Obvodové schéma zapojení pneumatiky

Tento obvod pracuje na principu řízení síly, která slouží k správnému ovládání pohybových hřebenu podavače trubek. Upravený stlačený vzduch je přiveden k ventilu, kde je pomocí škrťacího ventilu veden do válce. Úprava vzduchu se skládá z ručního ventilu, redukčního ventilu s manometrem a filtru s odlučovačem. Vedení je před regulátory rozděleno T spojkou. Rozvaděč je pěticestný, dvoupolohový s pěti přípoji a dvěma polohami. Řízení tohoto rozvaděče je uskutečněno z jedné části dvoustupňovým ovládáním (první stupeň magnetem, druhý pneumaticky) a z druhé strany pružinou. U pneumatického motoru jsou také znázorněny bezdotykové snímače polohy (s_1 a s_2).

4.4.7 Výpočet spotřeby stlačeného vzduchu

Spotřeba stlačeného vzduchu byla vypočtena pro jeden cyklus (dva zdvihy) dvou pneumatických motorů. Pro odebrání trubky ze zásobníku je zapotřebí celkem 9 zdvihů pohybujícího se hřebenu aby se trubka dostala do koncové polohy pro odebrání.

Hodnoty: $m=2$ ks $n=2$ $H=0,02$ m $D=0,025$ m

Kde: $Q \dots$ spotřeba vzduchu $[Nm^3]$

$m \dots$ počet pneumatických motorů $[ks]$

$n \dots$ počet zdvihů $[/]$

$H \dots$ zdvih pneumatického motoru $[m]$

$D \dots$ průměr pístu $[m]$

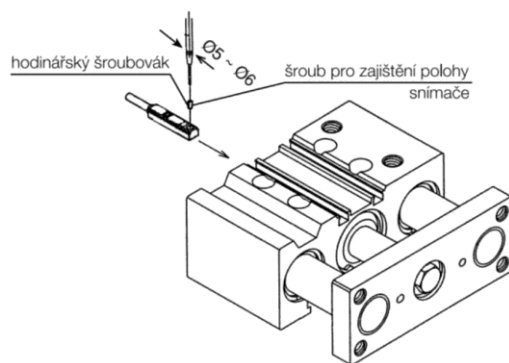
Výpočet stlačeného vzduchu – Q :

$$Q = m \cdot v \cdot n = m \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \cdot n = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} \cdot 0,02 \cdot 2 = 3,92 \cdot 10^{-5} Nm^3 \quad (11)$$

Celková spotřeba stlačeného vzduchu pro odebrání první trubky ze zásobníku je devět cyklů (18 zdvihů). Spotřeba stlačeného vzduchu bude tedy $3,528 \cdot 10^{-5} Nm^3$.

4.4.8 Pokyny pro správné a bezpečné použití pneumatického motoru

- Před připojením hadic k válci je nutné, aby se hadice pečlivě profoukly stlačeným vzduchem. Tím se odstraní veškeré mechanické nečistoty.
- Je potřeba zabránit poškozením pístnice a vodících tyčí, které by mohly způsobit poškození těsnění a vedly by k následným netěsnostem a k celkové chybné funkci pneumatického válce s vedením.
- Pro přimazávání stlačeného vzduchu je doporučeno použít turbínový olej ISO FG32 dle ISO3448. Není možné použít vřetenový nebo strojní olej.
- Bezdotykové snímače polohy jsou montovány do drážek umístěných přímo v tělese pneumatického válce. Montáž snímače je patrná z obrázku (Obr 4-24).

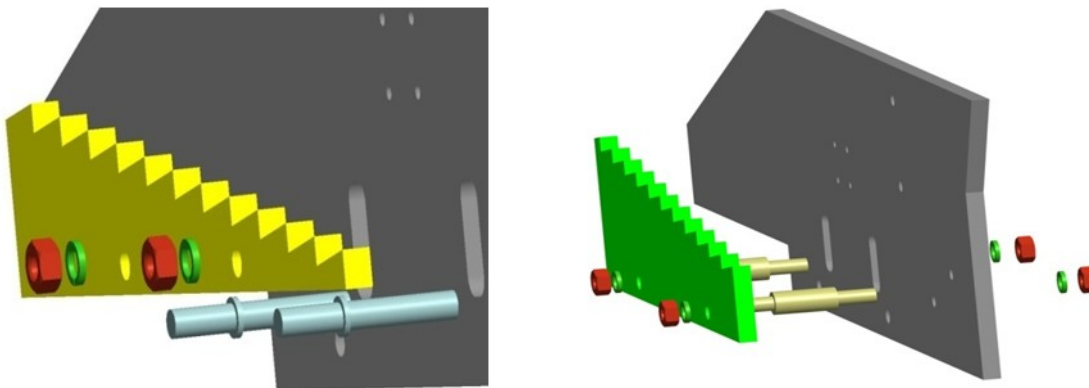


[10]

Obr. 4-24 :Obrázek montáže snímače polohy

4.5 Pohyblivý a pevný hřeben

Trubky jsou ze zásobníku podávány pomocí pohybu pohyblivého hřebenu. Tento pohyb zajišťuje pneumatický motor. Na jeden zdvih pohyblivého hřebenu se trubka přesune na pevný hřeben. Tento proces se opakuje tak dlouho, než se trubka dostane na skluz, kde se zastaví o doraz. Z tohoto místa je trubka odebírána pomocí robotu.

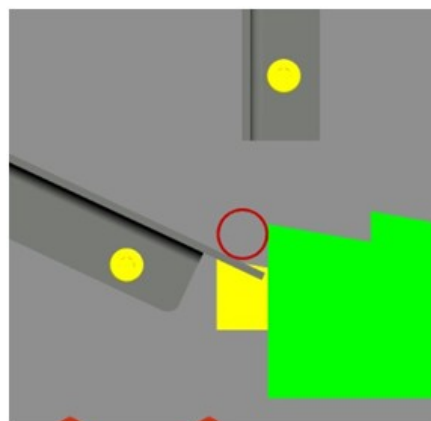


Obr. 4-23: Připevnění pohyblivého a pevného hřebenu

4.5.1 Pohyb trubky

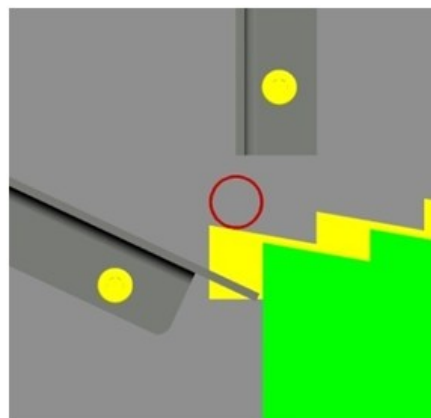
- Pohyblivý hřeben je ve spodní poloze

Obr. 4-24: Pohyb trubky-1



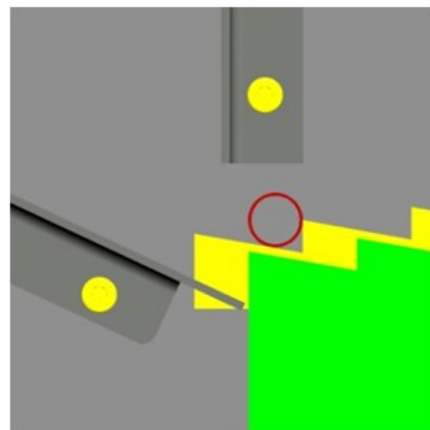
- Pohyblivý hřeben je v horní poloze

Obr. 4-25: Pohyb trubky-2



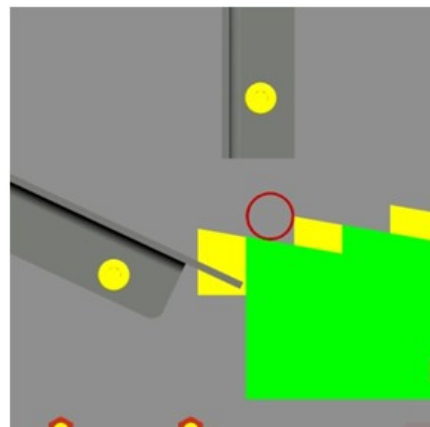
- Pohyblivý hřeben je v horní poloze
- Trubka se převalí a zastaví o hranu Pohyblivého hřebenu

Obr. 4-26: Pohyb trubky-3



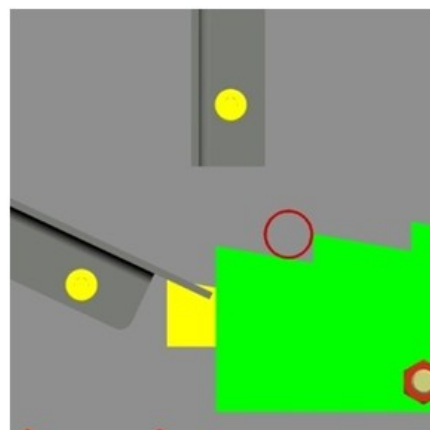
- Pohyblivý hřeben se dostává do spodní polohy
- Trubka se zastaví na pevném hřebenu

Obr. 4-27: Pohyb trubky-4



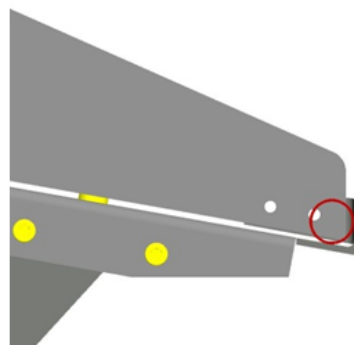
- Pohyblivý hřeben je ve spodní poloze
- Trubka se převalí a zastaví o hranu pevného hřebenu

Obr. 4-28: Pohyb trubky-5



- Trubka v konečné poloze zastavená o doraz.
- Z tohoto místa je odebírána pomocí robotu

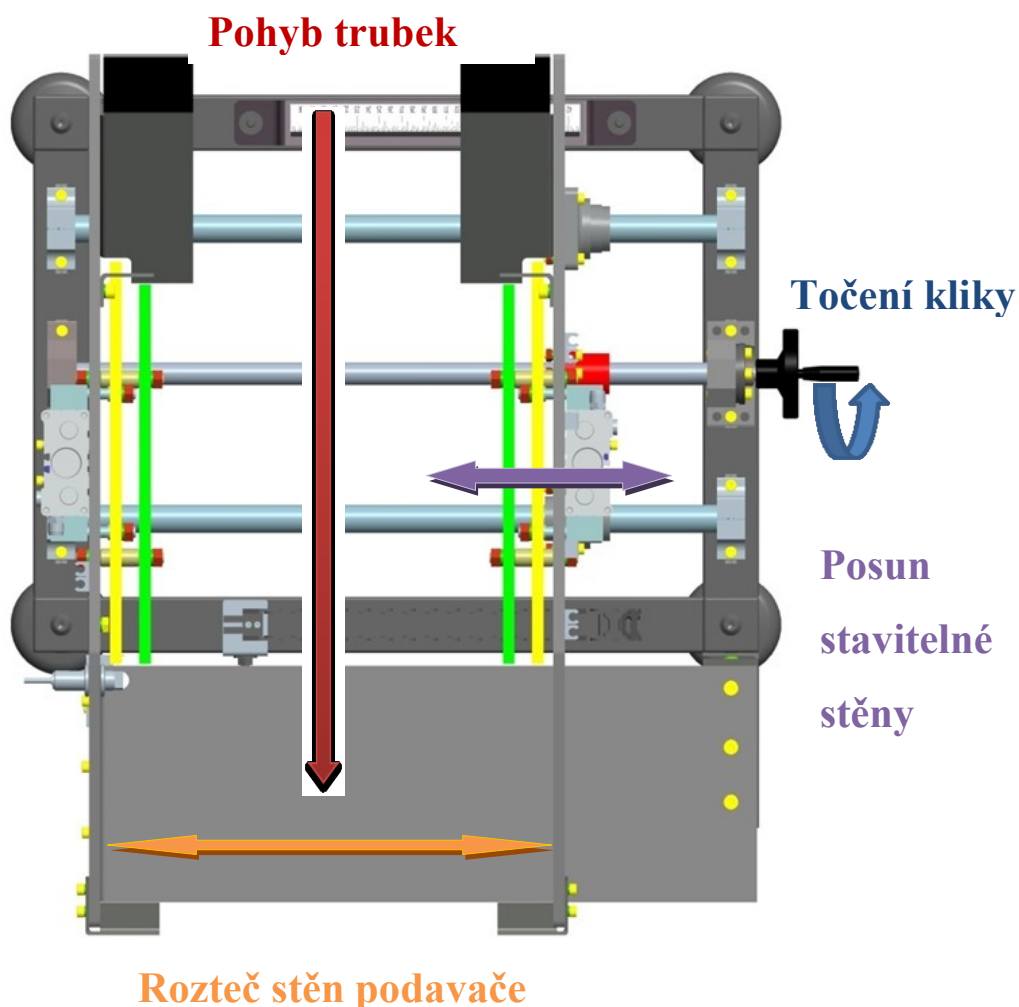
Obr. 4-29: Pohyb trubky-6



4.6 Stavitelná stěna

Stavitelná stěna podavače trubek je uložena v pouzdrech lineárního kuličkového vedení. Pouzdra jsou připevněny pomocí šroubu. Lineárním vedením zajišťuje souměrný pohyb stěny podavače. Točením kliky se pomocí kuličkového šroubu nastavuje velikost rozteče mezi stěnami podavače.

Pro správně zvolenou rozteč stěn musíme spočítat vůli, která nám zajistí, aby náš dopravovaný předmět sledoval požadovaný průběh dráhy na skluzu. Nesmí docházet k přičení předmětu a nebo k lepení na stěny podavače.



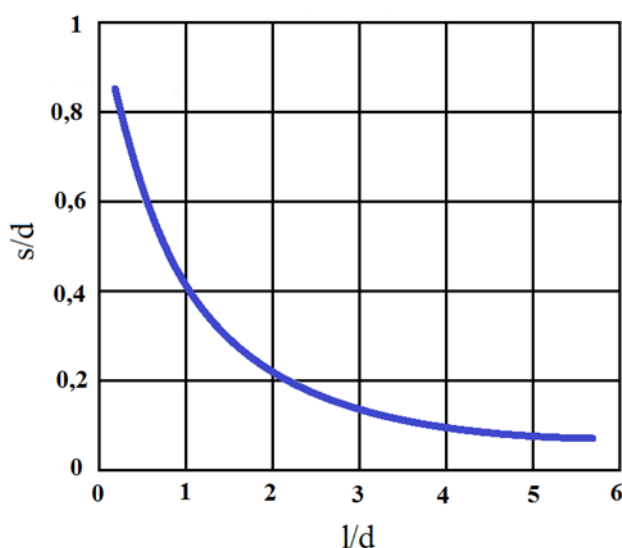
Obr. 4-30: Podavač trubek půdorys

4.6.1 Výpočet vůle mezi stěnami podavače

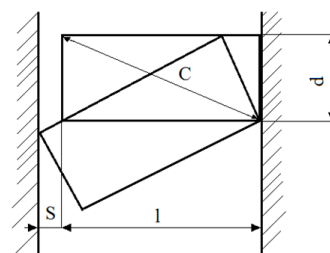
Vzdálenost stěn je doporučována v závislosti na koeficientu tření f , který u kluzného tření se pohybuje v rozmezí $f_t=0,1-0,8$ a pro valivé tření v rozmezí $f_t=0,05-0,15$.

Vůli mezi stěnami vypočteme podle vztahu:

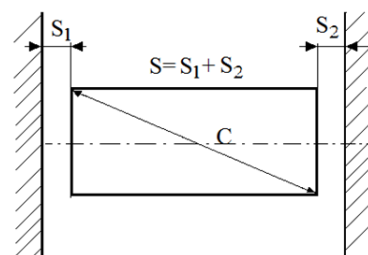
$$s < \left(\frac{\sqrt{1 + \left(\frac{l}{d_t}\right)^2}}{\sqrt{1 + f_t^2}} + \frac{l_t}{d_t} \right) \quad d_t = \frac{c}{\sqrt{1 + f_t^2}} - l_t \quad (12)$$



Graf 4-1: Postranní vůle s a její vztah k průměru d a délce l



Obr. 4-31: Příčení předmětu



Obr. 4-32: Postranní vůle u předmětu

Příklad výpočtu vůle pro trubku o délce 200mm, průměru 20mm, valivé tření $f_t=0,1$.

Hodnoty: $l_t=200$ mm $d_t=20$ mm $f_t=0,1$

$$s < \left(\frac{\sqrt{1 + \left(\frac{l}{d_t}\right)^2}}{\sqrt{1 + f_t^2}} + \frac{l}{d} \right) = \left(\frac{\sqrt{1 + \left(\frac{200}{20}\right)^2}}{\sqrt{1 + 0,1^2}} + \frac{200}{20} \right) = 20 \text{ mm}$$

Vůle S musí být zvolena menší než 20 mm. Při změně délky trubky musíme obdobně přepočítat vůli, aby nedošlo k přičení trubky na stěnu podavače. [2]

4.7 Energetický řetěz

Energetické řetězy zajišťují přívod energie, dat a signálů, a jsou proto nepřetržitě v pohybu. Jsou vhodné pro univerzální použití. V našem případě zajišťuje hadičky pro pneumatický motor a dále brání, aby nedošlo k mechanickému poškození hadiček.

4.7.1 Energetický řetěz série E2 micro

E2 "micro", Otevírání "flip" u vnějšího poloměru pomocí integrovaných závěsů, malá rozteč pro hladký, tichý provoz a pro vysoké zrychlení.



Obr. 4-31: Energetický řetěz E2 micro [14]

Energetický řetěz	
Systém	E2 micro
Série	B09
Vnitřní šířka [mm]	20
Poloměr ohybu [mm]	28
Délka [mm]	400

Tab. 4-7: Energetický řetěz

Kdy použít tento řetěz

- když je vyžadován malý a lehký řetěz
- když je vyžadován snadno otvíratelný a nákladově efektivní řetěz
- ideální pro manipulační mechanismy a manipulační roboty

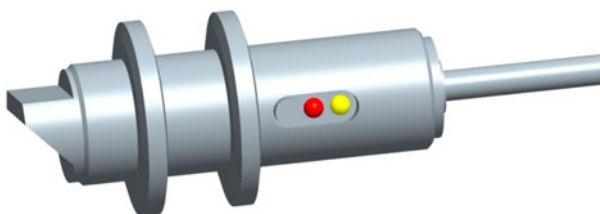
[14]

4.8 Odrazový senzor

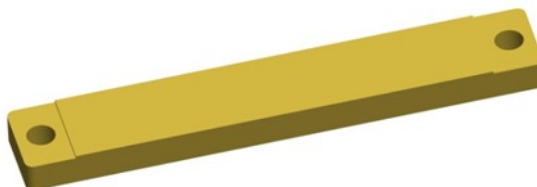
Odrazový senzor slouží k zastavení pohybu pneumatického motoru. V tomto případě nejsou odebírány trubky z podavače a skluz je naplněn trubkami. K zastavení dojde pouze tehdy, když trubka přeruší na delší dobu červený paprsek.

Odrazový světelný spínač	
Typ	SOEG-RT-M18W-PS-K-2L
Výrobce	Festo
Rozměr závitu	M18x1
Dosah [mm]	600
Druh světla	červené
Provozní teplota [°C]	-25/+55

Tab. 4-8: Odrazový snímač [18]



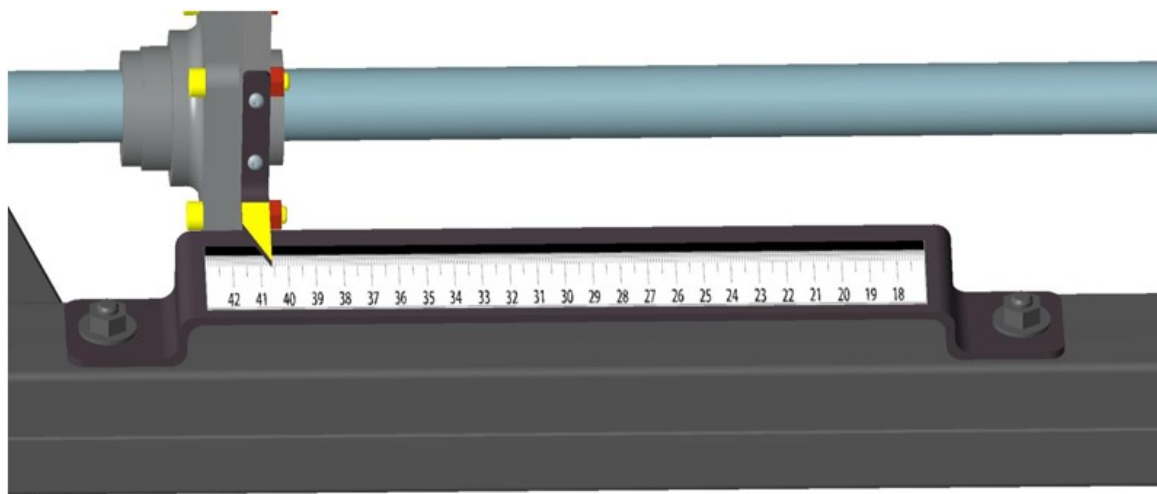
Obr. 4-32: Odrazový světelný spínač [13]



Obr. 4-33: Odrazka [13]

4.9 Odměřovací zařízení

Při každé změně délky trubky musí operátor nastavit vzdálenost stavitelné stěny. Pro jednodušší nastavení je na rám podavače připevněno měřidlo. Měřidlo slouží k orientačnímu měření vzdálenosti stavitelné stěny podavače.



Obr. 4-33: Odměřovací zařízení

4.10 Technicko-ekonomické zhodnocení

K určení celkové ceny periferního zařízení je třeba provést podrobnou studii jednotlivých součástí podavače krátkých trubek. V cenové studii jsou zahrnuty komponenty, které jsou nakupovány od jednotlivých firem nebo vyráběné součásti na zakázku. Ceny jednotlivých dílů jsou konzultovány se zastupiteli firem nebo staženy z ceníku na internetu. Ceny vyráběné součásti jsou uvedeny po konzultaci s konstruktéry. V ceníku nejsou uvedeny ceny všech spojovacích materiálů.

Podavač trubek				
Komponent	Díly	Množství [ks]	Výrobce	Cena [Kč]
Konstrukce	Profily 50x50l-2m	2	Bosch Rexroth	2530
	Stavitelná noha	4	Bosch Rexroth	1480
	Kotvicí noha	4	Bosch Rexroth	908
	Spojovací úhelník	8	Bosch Rexroth	1160
	Krytka profilu	4	Bosch Rexroth	120
	Plechý	/	/	17600
	Čepy hřebenů	8	/	1980
	Klika	1	/	720
	Deska píst	2	/	864
Pneumatika	Pneumatický motor	2	Bosch Rexroth	12695
	Závěrné šroubení	4	Bosch Rexroth	448
	Nástrčné přímé šroubení	4	Bosch Rexroth	713
	Energetický řetěz	1	Lin-tech	595
	Svěrací lišta pro hadice	1	Bosch Rexroth	345
Lineární vedení	Pouzdro R1081	2	Bosch Rexroth	3158
	Pouzdro R1055	4	Bosch Rexroth	2544
	Vodící tyč Ø 25	2	Bosch Rexroth	2723
Kuličkový šroub	Kuličkový šroub Ø20	1	Hiwin	2670
	Matice FSI	1	Hiwin	1950
	Pouzdro SLA	1	Hiwin	2723
	Pouzdro SFA	1	Hiwin	8813
Senzory	Odrazové čidlo	1	Festo	1230
	Snímač polohy	4	Bosch Rexroth	4815
Spojovací materiál	T-matice	40	Bosch Rexroth	880
	Lišta T10-1m	1	Bosch Rexroth	530
	Ostatní	/	/	5000
				Cena celkem 79 194 Kč

Tab. 4-7: Cenová studie

Pozn. Uvedené ceny jsou platné k datu – 20. 5. 2011.

5 Závěr

Cílem bakalářské práce je návrh konstrukce podavače krátkých trubek. Podavač trubek bude navržen pro manipulaci s trubkami z hliníkové slitiny o zadaných rozměrech.

První část bakalářské práce je zaměřena na analýzu jednotlivých druhů periferních zařízení. Jejich rozdělení a některé druhy podavačů jsou podrobněji popsány. Následně jsou navrženy tři varianty řešení dle zadání požadavkového listu. Výběr optimální varianty byl uskutečněn pomocí hodnotové analýzy. Tato varianta byla dále rozpracována.

V druhé části práce byla konstrukčně rozpracována optimální varianta podavače krátkých trubek. Jednotlivé konstrukční prvky byly navrhnuty nebo nalezeny v katalogových listech výrobců. Podavač je zkonstruován tak aby splňoval požadavky, které jsou zadány v požadavkovém listu. Konstrukce rámu je složena z hliníkového profilu 50x50L. Na tuto konstrukci je připevněno lineární vedení za pomoci pouzdra R1055. Pomocí přírubového pouzdra R1081 je uchycena stavitelná stěna podavače. Stavitelná stěna je posouvána pomocí kuličkového šroubu firmy Hiwin. Pohyb hřebenu zajišťuje pneumatický motor GPC 25-20 firmy Bosch Rexroth. K zastavení pneumatického motoru byl zvolen odrazový senzor SOEG-RT-M18W-PS-K-2L firmy Festo. Aby nedošlo k poškození vedení stlačeného vzduchu, byl použit energetický řetěz E2 micro B09 firmy Lin-tech. K jednoduššímu nastavení šířky podavače pro operátora je přidáno orientační odměřovací zařízení. Závěr práce se zabývá technickoekonomickým zhodnocením.

Bakalářská práce je doložena výkresovou dokumentací řešení optimální varianty podavače trubek a 3D modelem vymodelovaným v programu Pro/Engineer.

6 Reference

6.1 Literatura

- [1] BURKOVIC, J. *Mechanizace a automatizace výrobních zařízení RTP*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 2003. 122 s. ISBN 80-248-0513-8
- [2] Buzek, V. : *Periferní zařízení* 1. vydání. Ostrava: VŠB-TUO, 1993, s.153
- [3] SKAŘUPA, J. *Metodika konstruování*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 1993. 158 s. ISBN 80-7078-167-X.
- [4] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TUO, 2007. 260 s. ISBN 978-80-248-1522-0.
- [5] LEINVEBER, J. – VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 1. vydání. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2003. 864 s. ISBN 80-868490-74-2.

6.2 Internetové odkazy

- [6] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online] Dostupné z www: <<http://robot.vsb.cz/files/zasady-pro-vypracovani-bp-dp-2010-03-22.pdf>>
- [7] KONEČNÝ, Zdeněk. *Základy technické dokumentace* [online] Dostupné z [www:http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka_dokumentace/titulni_strana.htm](http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka_dokumentace/titulni_strana.htm)
- [8] *Podavače JHV – ENGINEERING* [online]. [cit. 2011-5-21]. Dostupné z www: <<http://www.jhv.cz>>
- [9] *Kuličkový šroub Hiwin* [online]. [cit. 2011-5-21]. Dostupné z www: http://www.festo.com/cms/cs_cz/9513.htm
- [10] *Pneumatické motory Bosch Rexroth* [online]. [cit. 2011-5-21]. Dostupné z www: <http://www.boschrexroth.cz/country_units/europe/czech_rep/cs/Pehled_produkty/index.jsp>
- [11] *Lineární vedení Bosch Rexroth* [online]. [cit. 2011-5-21]. Dostupné z www: <http://www.boschrexroth.com/business_units/brl/de/produkte/kugelbuechsen/index.jsp>

- [12] *Konstrukční profily* Bosch Rexroth [online]. [cit. 2011-5-21]. Dostupné z www: http://www.boschrexroth.com/business_units/brl/en/produkte/mge/index.jsp
- [13] *Optický snímač* Festo [online]. [cit. 2011-5-21]. Dostupné z www: http://www.festo.com/cms/cs_cz/9513.htm
- [14] *Energetický řetěz* Lin-tech [online]. [cit. 2011-5-21]. Dostupné z www: <http://lin-tech.hennlich.cz/produkty/energeticke-retezy-51.html>

6.3 Katalogy

- [15] *Kuličkové šrouby + příslušenství* Brno: Hiwin, 2010, 48s. Dostupné z www: <http://www.hiwin.cz/cs/kulickove-srouby/pdf-download.html?id=8>
- [16] *Kugelbüchsenführungen* Deutschland: Bosch Rexroth AG, 2007, 220s. Dostupné z www: <http://www.boschrexroth.com/various/utilities/mediadirectory/index.jsp?oid=118749>
- [17] *Anleitung Kugelbüchsenführungen* Deutschland: Bosch Rexroth AG, 2005, 100s. Dostupné z www: http://www.boschrexroth.com/borexmvz2/Category.jsp?publication=NET&ccat_id=40120&remindCcat=on
- [18] *Čidla a sledovací zařízení - čidla* :Festo, 2006, 66s. Dostupné z www: http://www.festo.com/net/cs_cz/SupportPortal/default.aspx?cat=1966

7 Seznam příloh

7.1 Tištěná podoba

- Příloha A: Vypočet pneumatického motoru od firmy Bosch Rexroth
- Příloha B: Obrázek 3D modelu podavače trubek
- Sestavný výkres Podavač trubek 1-BUC133-02-01 (listy A1,A2)
- Kusovník Podavač trubek K1-BUC133-02-01 (5 listů A4)

7.2 Přiložený disk

- Bakalářská práce v elektronické podobě (formát*.pdf)
- Výkresová dokumentace (AutoCAD 2000, 2009 a *.pdf)
- 3D model optimální varianty podavače trubek
- Použité katalogy